



## El Laboratorio Agroalimentario y el control oficial

Pág. 03 El sistema de control oficial agroalimentario en Cataluña (I). La seguridad de los alimentos Pág. 07 El sistema de control oficial agroalimentario en Cataluña (II). La calidad de los alimentos y la lucha contra el fraude Pág. 11 El papel del Laboratorio Agroalimentario en los controles oficiales Pág. 16 Los laboratorios del Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural. Infraestructura, medios técnicos y recursos Pág. 21 El proceso de análisis. Diagrama de flujo. Un método de análisis, un proyecto. Pág. 28 La acreditación en los laboratorios agroalimentarios y el control oficial Pág. 31 Datos y estadísticas de resultados Pág. 38 Las alianzas. Proyectos de investigación y desarrollo e innovación. Técnicas emergentes Pág. 49 Retos de futuro Pág. 54 Hablamos con el Dr. Christoph von Holst



### Joan Gòdia Tresàncez

Director general de Empresas Agroalimentarias, Calidad y Gastronomía.

## La competencia técnica de los laboratorios, que asegura la fiabilidad de los análisis laboratoriales, se consigue disponiendo de un sistema de calidad

En los últimos años, hemos vivido un cambio relevante en la normativa de seguridad y calidad en la cadena alimentaria que, a grandes rasgos, supone un enfoque integral en todos los eslabones de la cadena y un nuevo planteamiento de los controles oficiales de la legislación alimentaria. Entre las actividades de control oficial se encuentran el análisis de muestras de productos agroalimentarios para controlar, entre otros, los límites legales de peligros como plaguicidas, metales pesados, contaminantes, aditivos, organismos modificados genéticamente, microorganismos, etc. en alimentos, piensos, productos fitosanitarios, fertilizantes, entre otros.

En el ámbito de los laboratorios, esto supone que los servicios técnicos analíticos deben estar debidamente calificados y responder de forma eficiente. La competencia técnica de los laboratorios, que asegura la fiabilidad de los análisis laboratoriales, se consigue disponiendo de un sistema de calidad que debe ser evaluado periódica y sistemáticamente. La acreditación por parte de un organismo competente supone un paso más, puesto que garantiza que el laboratorio

tiene implantado un sistema de calidad según la norma ISO de referencia y que los análisis se realizan siguiendo unos criterios de caracterización de los métodos establecidos (exactitud, precisión, repetibilidad, reproducibilidad, recuperación, incertidumbre, etc.).

Otro punto importante es que las instalaciones y equipamientos sean suficientes, adecuados y modernos. Solo aquellos equipos de análisis que sean idóneos para la finalidad analítica en cuestión y que sean verificados y calibrados periódica y debidamente permitirán obtener resultados fiables en un tiempo de respuesta breve y adaptado a las necesidades de los clientes. Tener a su alcance una tecnología moderna y puntera ayuda notablemente.

No hay que olvidar los aspectos medioambientales inherentes a la propia actividad del laboratorio, tanto desde el punto de vista legal como desde el punto de vista de la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente. La certificación según la norma ISO medioambiental debe ser, por tanto, un objetivo del laboratorio a medio plazo.

Por último, pero no por ello menos importante, quiero poner en valor y destacar al personal que presta servicios en el laboratorio. Sin personas debidamente formadas, capacitadas y plenamente competentes no sería posible lograr el objetivo de garantizar la seguridad y calidad de los alimentos y piensos a lo largo de la cadena alimentaria.

El Laboratorio Agroalimentario no solo da servicio a las autoridades competentes en la cadena alimentaria, sino que pretende ser un laboratorio referente en el control oficial. Un reto de futuro es convertirse en laboratorio nacional de referencia en el ámbito de la alimentación animal.

Espero que este *Dossier* sobre el Laboratorio Agroalimentario sirva para dar a conocer sus funciones y responsabilidades y su papel en el control oficial. En definitiva, espero que este laboratorio, que es de todos y todas, os resulte más cercano.

### Dossier Técnico. N.º 118

El Laboratorio Agroalimentario y el control oficial.  
Septiembre 2022.

### Edición

Dirección General de Empresas Agroalimentarias, Calidad y Gastronomía.

### Consejo de Redacción

Carmel Mòdol Bresolí, Joan Gòdia Tresàncez, Maria Glòria Cugat Pujol, Cristina Massot Berna, Neus Ferrete Gracia, Mercè Soler Barrasús, Enric Vadell Guiral, Ramon Jordana de Simon, Rosario Allué Puyuelo, Laura Dalmau Pol, Valentí Marco Sanz, Antoni Enjuanes Puyol, Jaume Sió Torres, Matíes Ramos Rey, Maria Josep de Ribot Porta, Joan S. Minguet Pla, Mireia Medina Sala y Rosa Cubel Muñoz.

### Coordinación y producción

Maria Josep de Ribot Porta, Imma Malet Prat, Annabel Teixidó Martínez y Raquel Vélez Martín.

### Traducció

T&S

### Grafismo y maquetación

Carlos Guzmán Lorente.

### Impresión

EADOP

### Depósito legal

B-16786-05.  
ISSN: 1699-5465.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los/las autores/as. **DOSIER TÉCNICO** no se identifica necesariamente. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando su fuente y autoría.

### Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural.

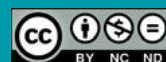
Gran Via de les Corts Catalanes, 612-614. 08007 Barcelona.

### Más recursos, enlaces y versión electrónica:

<https://ruralcat.gencat.cat>  
<https://agricultura.gencat.cat/es/inici/index.html>  
e-mail: [sia.daam@gencat.cat](mailto:sia.daam@gencat.cat)

### Portada:

Autor: Carlos Guzmán Lorente.



# EL SISTEMA DE CONTROL OFICIAL AGROALIMENTARIO EN CATALUÑA (I).

## La seguridad de los alimentos

### 01. La intervención pública en seguridad alimentaria

Las políticas públicas son las acciones que los gobiernos ponen en práctica para dar respuesta a las demandas y necesidades de la sociedad. Dichas acciones deben ser útiles en el sentido de generar un impacto en la corrección, mitigación o prevención de problemas identificados o potenciales.

En seguridad alimentaria, se prevé que un nivel de cumplimiento elevado de los estándares recogidos en la reglamentación vigente en materia de instalaciones, equipamientos, autocontroles, formación de personal, calidad e higiene de los procesos debe contribuir a minimizar la prevalencia de peligros en toda la cadena alimentaria y a un elevado nivel de cumplimiento de los estándares de calidad de los alimentos. Estos hechos deben tener como consecuencia la

protección de la salud de la ciudadanía y la garantía de la calidad de los alimentos que se encuentran en el mercado.

Para impulsar esta cadena de resultados, deben aplicarse una serie de intervenciones bien definidas, entre las que cabe destacar la evaluación de riesgos, la aprobación de normativa en seguridad alimentaria, la sensibilización y promoción de prácticas correctas, la implementación de sistemas de vigilancia, el control oficial, el intercambio de información y la gestión de alertas alimentarias, así como medidas de comunicación interactiva, coordinación y colaboración de todas las partes implicadas en la cadena alimentaria.

En Cataluña, la política de seguridad alimentaria se realiza sobre la base de principios de la planificación estratégica. En cumplimiento de la Ley 18/2009 de salud pública, el Gobierno de la Generalitat aprueba con periodicidad quinquenal el Plan de seguridad alimentaria de Cataluña, que es el instrumento indicativo y marco de referencia para todas las acciones públicas de la Administración de la Generalitat y los entes locales de Cataluña en materia de seguridad alimentaria. Dicho Plan estratégico establece un modelo de intervención basado en la definición de los objetivos a alcanzar, indicadores de seguimiento e intervenciones orientadas a generar un impacto que mejore la situación existente hasta llegar a los objetivos previstos y mantenerlos. Todo esto supone compromisos explícitos, objetivos comunes y compartidos y actuaciones coordinadas y complementarias que implican a los departamentos de la Generalitat con responsabilidad en materia de medio ambiente, agricultura y ganadería, salud pública y consumo, así como a las administraciones locales.



Plan de seguridad alimentaria de Cataluña 2022-2026. Fuente: ACSA.

La política pública en seguridad alimentaria se basa en la metodología del análisis del riesgo, que incluye la evaluación, la gestión y la comunicación del riesgo. En este contexto, las intervenciones de evaluación del riesgo están orientadas a proveer el mejor conocimiento científico posible para una adecuada gestión y comunicación del riesgo. Las intervenciones de gestión del riesgo deben permitir prevenir riesgos y dar una respuesta rápida en los casos necesarios frente a los riesgos inminentes. Por último, las intervenciones de comunicación y colaboración están orientadas a la creación de redes de trabajo conjunto y a un intercambio interactivo y permanente de información y opinión entre todas las partes concernidas.

Dentro del proceso de análisis del riesgo, la gestión del riesgo es uno de los componentes clave y se caracteriza por su complejidad y gran volumen de actividades que integran esta gestión. Entre estas actividades de gestión del riesgo, cabe destacar el control oficial por su relevancia.

## 02. El control oficial

De entre todas las intervenciones públicas en seguridad alimentaria, destaca especialmente el control oficial por su capacidad de impacto sobre las cuestiones en las que se pretende intervenir y por su dimensión, dado que constituye el principal instrumento de intervención pública en este ámbito.

El control oficial puede definirse como toda actividad realizada u ordenada por la autoridad competente para verificar el cumplimiento de las reglamentaciones en los ámbitos de su competencia, incluida la aplicación de las medidas necesarias para la corrección de los incumplimientos o no conformidades encontrados. Para poder analizar en qué consiste y qué supone el control oficial en seguridad alimentaria, hay que tomar como referencia el Reglamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, relativo a los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la apli-

cación de la legislación sobre alimentos y piensos, y de las normas sobre salud y bienestar de los animales, sanidad vegetal y productos fitosanitarios.

### 02.01 Recursos necesarios y técnicas de control

El Reglamento (UE) 2017/625 prevé que, para efectuar los controles oficiales, las autoridades competentes deben disponer de los recursos y equipos adecuados y ofrecer garantías de imparcialidad, profesionalidad, calidad, coherencia y eficacia.

Los métodos y técnicas para realizar los controles oficiales incluyen diferentes instrumentos, entre los que cabe destacar: el examen de los controles y la documentación de los operadores; la inspección de equipos e instalaciones, procesos, animales y productos; la evaluación de la aplicación de procedimientos basados en los principios de análisis de peligro y puntos de control críticos (APPCC); las entrevistas con los operadores y su personal; el



Organismos responsables del control oficial en Cataluña. Fuente: ACSA.

muestreo y el análisis, y cualquier otra actividad requerida para detectar casos de incumplimiento.

Para efectuar un control oficial sobre la venta por internet o a través de otros medios a distancia, el Reglamento también prevé que las autoridades competentes puedan obtener muestras mediante pedidos anónimos y someterlos a comprobaciones de cumplimiento.

Para contribuir a una gestión más eficaz de los controles oficiales, está previsto que se disponga de sistemas de información adecuados y se garantice la compatibilidad e interoperabilidad.

El personal que realiza los controles oficiales debe recibir con regularidad formación técnica y legal adecuada a sus responsabilidades de control para promover un enfoque uniforme. Debe garantizarse también que se disponga siempre de recursos financieros adecuados para realizar los controles oficiales. Por ello, las autoridades competentes percibirán tasas o gravámenes para cubrir sus costes.

### 02.02 Condiciones para el muestreo y el análisis

Los métodos utilizados para el muestreo, el análisis, los ensayos y los diagnósticos de laboratorio deben cumplir las normas científicas y ofrecer resultados sólidos y fiables de acuerdo con la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 sobre requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. La acreditación debe ser expedida por un organismo nacional de acreditación que opere de conformidad con la reglamentación de la UE en dicha materia. Los operadores sometidos a muestreo, análisis, ensayo o diagnóstico en el contexto de controles oficiales tendrán derecho a un segundo dictamen pericial.

### 02.03 Planificación, estandarización y auditoría del control oficial

El control oficial debe realizarse de acuerdo con un planteamiento estratégico y con



Peligros alimentarios. Fuente: ACSA.



Finalidades del Plan de seguridad alimentaria de Cataluña (1). Fuente: ACSA.

Para contribuir a una gestión más eficaz de los controles oficiales, está previsto que se disponga de sistemas de información adecuados y se garantice la compatibilidad e interoperabilidad.

visión de conjunto, por lo que se establece que cada Estado miembro elaborará y actualizará periódicamente un plan nacional de control plurianual (PNCPA) e informes anuales de resultados que abarquen todos los ámbitos regulados del control oficial de la cadena.

El control oficial debe realizarse de acuerdo con un planteamiento estratégico y con visión de conjunto.

Las autoridades competentes realizarán auditorías internas de sus sistemas de control oficial, que serán objeto de un examen independiente.

Las autoridades competentes realizarán controles oficiales con regularidad, según el riesgo y con la frecuencia apropiada, de todos los sectores y los operadores, actividades, animales y mercancías a las que es aplicable la legislación relativa a la cadena alimentaria.

Se dispondrá de registros de los operadores y procedimientos documentados adecuados, así como de mecanismos para garantizar una acción eficaz y coherente y adoptar medidas correctivas cuando se detecten deficiencias. Asimismo, los operadores tendrán derecho a recurrir las decisiones adoptadas por las autoridades competentes.

Las autoridades competentes realizarán auditorías internas de sus sistemas de control oficial, que serán objeto de un examen independiente. Se prevé también que las autoridades competentes puedan delegar algunas de sus funciones en otros organismos, pero garantizando la protección de la imparcialidad, calidad y

coherencia de los controles oficiales. En particular, el organismo delegado debe estar acreditado de acuerdo con la norma para llevar a cabo las inspecciones de la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Los expertos de la Comisión podrán efectuar controles, incluidas auditorías, en los Estados miembros para comprobar la aplicación de la reglamentación y el funcionamiento de los sistemas nacionales de control y las autoridades competentes.

Las autoridades competentes publicarán periódicamente información sobre los controles oficiales y los resultados obtenidos.

Las auditorías realizadas por expertos de la Comisión Europea y de terceros países ponen el foco en la fiabilidad y la calidad del control oficial.



Finalidades del Plan de seguridad alimentaria de Cataluña (II). Fuente: ACSA.

#### 02.04 Confidencialidad, transparencia y colaboración ciudadana

Las autoridades competentes rendirán cuentas a los operadores y al público en general respecto de la eficiencia y eficacia de los controles oficiales que realicen y publicarán periódicamente información sobre los controles oficiales y los resultados obtenidos.

El Reglamento también hace referencia a la colaboración ciudadana. Debe garantizarse la implantación de mecanismos adecuados para que cualquier persona pueda alertar a las autoridades competentes sobre posibles casos de incumplimiento de forma fácil y con plenas garantías.

trol oficial como elementos indispensables para que las empresas puedan continuar su actividad.

#### Para más información

Reglamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, relativo a los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la aplicación de la legislación sobre alimentos y piensos, y de las normas sobre salud y bienestar de los animales, sanidad vegetal y productos fitosanitarios (...): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TX-T/?uri=CELEX%3A02017R0625-20191214>

Plan de seguridad alimentaria de Cataluña: <https://acsa.gencat.cat/es/agencia/pla-seguretat-alimentaria/index.html>

#### Autoría



**Vicenç Fernández García**

Responsable del Plan de seguridad alimentaria de Cataluña.  
Agencia de Salud Pública de Cataluña.  
jvicente.fernandez@gencat.cat

### 03. Conclusiones

Así pues, el control oficial ocupa un lugar destacado en la estrategia de intervención pública en seguridad alimentaria. Su correcta aplicación es un pilar imprescindible para garantizar la seguridad alimentaria y los derechos de los consumidores y fomentar la proyección exportadora de las empresas catalanas que operan en la cadena alimentaria, ya que contribuye a generar confianza en los mercados alimentarios nacional e internacional. Cabe recordar que las auditorías realizadas periódicamente por expertos de la Comisión Europea y de terceros países ponen el foco en la fiabilidad y la calidad del con-

# EL SISTEMA DE CONTROL OFICIAL AGROALIMENTARIO EN CATALUÑA (II).

## La calidad de los alimentos y la lucha contra el fraude

### 01. Medidas de control oficial y lucha contra el fraude en la Unión Europea

La legislación alimentaria de la Unión Europea tenía pocas referencias al fraude alimentario hasta 2013, cuando, como consecuencia de la crisis de la carne de caballo, se plantearon medidas específicas de lucha tales como:

- Revisar el marco legal sobre controles oficiales aplicables a la cadena alimentaria y ampliar el enfoque para incluir el fraude alimentario, lo que se materializa en el Reglamento (UE) 2017/625.
- Definir *fraude alimentario* a nivel europeo para un control armonizado en los Estados miembros. Actualmente, se han consensuado criterios definitorios.
- Reforzar la asistencia y la cooperación administrativa de autoridades competentes de control de fraudes de los estados con la red de puntos de contacto (*Food Fraud Network*).
- Habilitar una herramienta informática de intercambio de información y alertas sobre fraudes alimentarios (tipo RASFF). En 2015 se puso en marcha el Sistema ACA de asistencia y cooperación administrativa para comunicar casos de fraudes e incidentes transfronterizos.
- Realizar un enfoque colaborador y multidisciplinar para implicar a cuerpos de seguridad, autoridades judiciales y entidades público-privadas y privadas en el control.
- Mejorar las técnicas de inspección y fundamentar el control basado en el análisis de riesgos.
- Desarrollar y aplicar tecnologías y méto-

- dos de análisis para detectar el fraude.
- Imponer sanciones económicas disuasivas, efectivas y proporcionales al beneficio obtenido por el defraudador.
- Fomentar iniciativas privadas para establecer programas contra el fraude, tales como la obligación de informar a las autoridades sobre conductas fraudulentas.
- Considerar la publicación de los resultados de los controles, con información de fácil acceso y comprensible para los consumidores, con la doble finalidad de transparencia al consumidor y de disuadir a los defraudadores.

### La legislación alimentaria de la UE tenía pocas referencias al fraude hasta 2013, cuando con la crisis de la carne de caballo se plantearon medidas específicas de lucha.

- Establecer programas de control coordinados por la Comisión Europea en los que participen organismos de control nacionales, focalizados en: la detección de ADN de caballo (2013, 2014), la adulteración de miel con azúcares añadidos (2015-2017), la sustitución de especies de pescado (2015), el comercio electrónico de alimentos (2017) y los condimentos y especias (2019).
- Implantar operaciones OPSON anuales, coordinadas por Europol e Interpol, con la participación de fuerzas de seguridad

- y autoridades administrativas de control nacionales, en las que destacan: el control de atún destinado a conserva comercializado como fresco (2018) y el control de alimentos convencionales comercializados como ecológicos (2019).
- Estrategia *Farm to Fork* (2020) para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio que, entre otros, tiene el objetivo de luchar contra el fraude alimentario y considera fundamental implementar medidas de disuasión e intensificar el control para conseguir condiciones de competencia equitativas entre operadores.

### 02 Marco legal del control oficial de la calidad alimentaria y la lucha contra el fraude

En el ámbito comunitario, desde diciembre de 2019, es de aplicación el Reglamento (UE) 2017/625 relativo a los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la aplicación de la legislación sobre alimentos, que amplía el alcance del control a toda la cadena agroalimentaria e incluye novedades en la lucha contra el fraude. Dicho Reglamento establece la obligación de los Estados miembros de efectuar controles regulares, no anunciados (sin previo aviso) y basados en el riesgo; impone sanciones económicas que reflejan el beneficio económico del defraudador o un porcentaje de su cifra de negocios, y establece la creación de centros de autenticidad e integridad para apoyar a los Estados miembros en actividades de prevención y detección de prácticas fraudulentas y engañosas (p. ej., el *Knowledge Centre for Food Fraud and Quality*) y

fomentar la asistencia administrativa y la cooperación entre estados en casos de incumplimientos transfronterizos.

En el ámbito estatal, la Ley 28/2015 para la defensa de la calidad alimentaria es la norma básica sobre control y régimen sancionador en el ámbito de la calidad. Además de aspectos de control oficial, también regula el autocontrol de los operadores y de asociaciones sectoriales y mecanismos de cooperación entre administraciones, como la *Mesa de Coordinación de la Calidad Alimentaria*, adscrita al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación e integrada por representantes de la Administración central y de las comunidades autónomas.

En Cataluña, la Ley 14/2003 de calidad agroalimentaria regula los principales aspectos sobre control oficial y establece las bases de la garantía de la calidad, las obligaciones de los operadores agroalimentarios, los derechos y deberes de la inspección, las medidas cautelares, el régimen sancionador, etc.

Aparte de las normas generales de control mencionadas, para algunos productos hay que tener en cuenta también normas sectoriales que regulan aspectos específicos de control.

### 03. Marco competencial del control oficial de la calidad alimentaria y la lucha contra el fraude en Cataluña

La Generalitat de Catalunya tiene competencia exclusiva en la calidad y trazabilidad de productos agrícolas y ganaderos y en la lucha contra el fraude en la producción y comercialización agroalimentarias, asumida por el Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural (DACC). La Dirección General de Empresas Agroalimentarias, Calidad y Gastronomía es la autoridad competente de control oficial en materia de calidad y lucha contra fraudes.

Las actuaciones de control se integran en el *Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria* (PNCOCA) plurianual,

que es el instrumento de planificación general estatal y recoge actuaciones de control alimentario en otros ámbitos (sanitario, consumo, fronteras, calidad diferenciada, sanidad animal, etc.). El actual PNCOCA cubre el período 2021-2025; las inspecciones de lucha contra el fraude se incluyen en el Programa de control oficial de calidad alimentaria del PNCOCA.

### 04. Principales aspectos objeto de investigación

El objetivo principal de las inspecciones es detectar y limitar fraudes, engaños, falsificaciones, adulteraciones, prácticas

no autorizadas o prohibidas y cualquier otra infracción a la reglamentación en materia de calidad a fin de proteger los intereses económicos de los actores de la cadena agroalimentaria y garantizar la competencia leal de las transacciones comerciales.

La investigación se centra en los productos agroalimentarios (naturaleza, identidad, cualidades sustanciales, composición, origen y procedencia, cantidad, etc.), la identidad y la actividad de los operadores y el uso adecuado de denominaciones de origen u otros distintivos oficiales de calidad. La Ley 14/2003 excluye de



Alimentos objeto de control. Foto: Subdirección de la Inspección y Control Agroalimentario.



Alimentos objeto de control. Foto: Subdirección de la Inspección y Control Agroalimentario.





Instalaciones y prácticas objeto de control. Foto: Subdirección de la Inspección y Control Agroalimentario.

la definición de *producto agroalimentario* a semillas, medicamentos, zoonos, fitosanitarios, piensos medicamentosos, alimentos infantiles y dietéticos, cosméticos, tabaco, animales vivos y plantas antes de la recolección.

El alcance de la investigación excluye aspectos de índole sanitaria, medioambiental, fiscal, subvenciones públicas, certificación de operadores y calificación de productos DOP, IGP u otros, que son competencia de otras unidades de control.

---

**El control oficial en materia de fraudes tiene la finalidad de proteger los intereses económicos de los actores de la cadena agroalimentaria y garantizar la competencia leal.**

---

Generalmente, las inspecciones de lucha contra el fraude se realizan en las instalaciones de las industrias donde se elaboran o se expiden los productos antes de entrar en el circuito comercial y se excluyen los puestos de venta directa al consumidor final (comercio minorista y electrónico), restaurantes y colectividades, mercados

mayoristas, etc., puesto que son competencia de otras administraciones.

### 05. Actuaciones en materia de calidad y lucha contra el fraude

En materia de calidad y lucha contra el fraude, se diferencian los siguientes tipos de inspecciones y controles:

- Inspecciones programadas previamente en el Plan general de inspección en empresas seleccionadas por análisis de riesgo.
- Inspecciones imprevistas no programadas, consecuencia de sucesos inesperados o sospechas de infracción: denuncias, propuestas razonadas de otras administraciones de control, peticiones de asistencia de otros Estados miembros, etc.
- Controles exploratorios, que son actuaciones de control sistemáticas para categorizar a las empresas alimentarias según elementos de riesgo evaluados por el personal inspector (actividad, autocontrol, trazabilidad, etc.).

Las principales características de las inspecciones en materia de lucha contra el fraude son:

- El levantamiento de acta de inspección como constatación oficial de los hechos y pruebas o evidencias de incumplimiento.

- La metodología de investigación y auditoría basada en técnicas específicas que incluyen controles físicos y documentales.
- Las visitas de inspección sin previo aviso.
- El carácter represivo: si se detectan infracciones, se prevén sanciones. Sin embargo, en infracciones leves, se puede enviar advertencia.
- Según la gravedad de los hechos, la adopción de medidas cautelares tales como la inmovilización de productos o etiquetado, la paralización de actividad, la retirada de productos del mercado, la prohibición de publicidad, etc.

---

**Las inspecciones son sin previo aviso, tienen carácter represivo si se detectan infracciones y, según la gravedad, se adoptan medidas cautelares.**

---

Las técnicas de inspección combinan comprobaciones físicas y verificaciones documentales como el reconocimiento de la identidad de los productos (alimentos, materias primas, sustancias prohibidas, etc.); el examen y evaluación de procesos de elaboración; el muestreo para análisis oficiales; la comprobación de la presentación y el etiquetado; el aforo de productos en *stock* para aplicar la técnica de balances de masas; el control metrológico o de cantidad para verificar el contenido efectivo de alimentos envasados; la comprobación de autorizaciones administrativas de actividad del operador; la verificación de documentos de acompañamiento y documentación comercial; el examen de registros de contabilidad material (entradas, salidas, elaboraciones, tratamientos, etc.) y de contabilidad comercial y financiera; la verificación del sistema de trazabilidad; la evaluación de los sistemas de autocontrol de la calidad; la comprobación de declaraciones oficiales, etc.

## 06. Análisis del riesgo

El análisis del riesgo en el control de calidad y lucha contra el fraude se aplica a tres niveles:

1. Análisis de riesgo de sectores alimentarios: consiste en la valoración de todos los sectores con metodología Delphi y Las Vegas, y los sectores con mayor puntuación (alto riesgo) se incluyen en el Plan general de inspección.
2. Análisis de riesgo de empresas: valoración objetiva y ponderada de factores de riesgo de todas las empresas, a partir de la que se seleccionan las empresas a inspeccionar. Se consideran más de 70 elementos de riesgo, que se agrupan en los factores de riesgo indicados en la tabla 1.
3. Análisis de riesgo de elementos a controlar *in situ* en las empresas: en el transcurso de la inspección, se decidirá qué aspectos hay que comprobar, según la actividad, los hechos constatados, los indicios de fraude, los antecedentes de infracción, etc.

## 07 Responsabilidad

Los operadores alimentarios son responsables del cumplimiento de la legislación en todos los aspectos relacionados con su actividad. En el ámbito de la calidad, por ejemplo, hay que hacer hincapié en justificar la veracidad de la información alimentaria del etiquetado y la publicidad, disponer de un sistema de autocontroles para garantizar la conformidad de los productos comercializados, establecer sistemas adecuados y comprensibles de trazabilidad, planificar la prevención del fraude y, en especial, extremar la precaución en las materias primas, etc.

Para la aplicación de las sanciones y medidas correctoras, hay que determinar la responsabilidad de las infracciones que, en general, para productos envasados, es la empresa que consta en la etiqueta, con alguna excepción como falsificaciones, mala conservación del producto o connivencia con el fabricante; y, para productos a granel, el responsable es la persona tenedora, que dispone físicamente del producto.

En vía administrativa, la Ley 14/2003 y la

<b>Antecedentes de inspección, infracción y sanción</b>	1 Número de inspecciones 2 Índice de infracciones leves 3 Índice de infracciones graves 4 Índice de sanción 5 Número de advertencias 6 Número de multas según cuantía
<b>Actividades y modalidades de comercialización</b>	7 Autorizaciones administrativas de actividad 8 Mercados y canales de comercialización
<b>Autocontrol de la empresa</b>	9 Autocontrol
<b>Trazabilidad</b>	10 Identificación de los productos a granel 11 Etiquetado 12 Documentos de acompañamiento 13 Registros y aforo de productos
<b>Tamaño de la empresa</b>	14 Volumen de ventas 15 Ratio tecnológico
<b>Control externo</b>	16 Control externo

**Tabla 1.** Análisis de riesgo de las empresas (factores de riesgo). Fuente: Subdirección de la Inspección y Control Agroalimentario.

Ley 2/2020 (en materia vitivinícola) establecen sanciones según la gravedad de las infracciones y otros criterios de gradación como la intencionalidad, el perjuicio causado, la reincidencia, el volumen de ventas, etc. También se prevén sanciones accesorias como el cierre temporal de la empresa, la suspensión o baja del derecho de uso de una denominación de origen protegida (DOP), el comiso de mercancías, etc. Para determinadas infracciones, se plantea también la vía penal, al considerarse delitos ciertas conductas como, por ejemplo, atender contra la salud pública, falsificar productos con DOP o estafar a partir de cierto importe.

## 08 Conclusiones

Como conclusión final, una reflexión sobre la vulnerabilidad al fraude al que estamos expuestos. Factores como el beneficio económico elevado, el bajo riesgo de ser detectado y las sanciones mínimas, en una coyuntura de un mercado globalizado con una cadena alimentaria larga y compleja, controles esencialmente nacionales, crisis económica, conflictos geopolíticos y medidas de austeridad de la Administración, facilitan las condiciones para cometer fraudes cada vez más sofisticados.

Para hacer frente a ello, la metodología de control oficial debe adaptarse a las nuevas

técnicas de producción y comercialización de los alimentos y poder utilizar todas las tecnologías posibles a su alcance (analíticas, digitales, etc.).

Por su parte, las industrias deben adoptar medidas de prevención para extremar la precaución, sobre todo en productos con riesgo, e implantar un plan de control para minimizar el fraude en su sistema de gestión de seguridad y calidad.

## Para más información

<https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/alimentacio/lluïta-frau-alimentari/index.html>

[https://ec.europa.eu/food/safety/agri-food-fraud\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/agri-food-fraud_en)

## Autoría



### Maria Rosa Biel Canut

Inspectora agroalimentaria interterritorial.  
Subdirección de la Inspección y Control Agroalimentario.  
Dirección General de Empresas Agroalimentarias, Calidad y Gastronomía. DACC.  
rbiel@gencat.cat

# EL PAPEL DEL LABORATORIO AGROALIMENTARIO

## en los controles oficiales



Instalaciones del Laboratorio Agroalimentario. Foto: LAC

### 01. Introducción

El Laboratorio Agroalimentario (LAC) del Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural, acreditado según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, representa un servicio oficial y la base técnica de la Administración catalana por lo que respecta a las necesidades analíticas destinadas al control y el seguimiento de la calidad y la seguridad agroalimentarias. Con sede en Cabriels, participa en el control oficial de productos agroalimentarios y medios de la producción, a través de análisis de muestras procedentes de procedimientos de inspección, litigio y campañas de control en materia de intervención agroalimentaria y comercio exterior.

En Reus se encuentra el Panel de Cata Oficial de Aceites Vírgenes de Oliva de Cataluña, que depende funcional y com-

pletamente las funciones del LAC, con la evaluación sensorial del aceite de oliva.

Las principales funciones del LAC son:

- Realizar análisis en procedimientos de litigio y campañas de control.
- Participar en proyectos y emitir dictámenes, informes y certificados relacionados con la calidad y la seguridad de productos agroalimentarios.
- Diseñar, poner a punto y aplicar métodos de análisis de control de la calidad y la seguridad de productos agroalimentarios, de acuerdo con los criterios exigidos por la Unión Europea y las normativas internacionales.
- Participar en proyectos nacionales e internacionales orientados a la mejora y optimización de los procesos de inspección y control de la calidad y la seguridad del sector agroalimentario.
- Establecer convenios con empresas y

El LAC representa un servicio oficial y la base técnica de la Administración catalana por lo que respecta a las necesidades analíticas destinadas al control y el seguimiento de la calidad y la seguridad agroalimentarias.

asociaciones del sector agroalimentario para realizar estudios y trabajos de interés común.

- Establecer acuerdos de colaboración con centros de formación para el acogimiento del personal en prácticas.

El LAC presta sus servicios a Administraciones públicas, y únicamente a particulares y empresas cuando estos estén

implicados en requerimientos administrativos (análisis contradictorios, exportaciones, etc.). Si estos últimos requieren análisis con carácter informativo, deben dirigirse a los laboratorios privados inscritos en el Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña. Solo en caso de que laboratorios privados no ofrezcan una analítica acreditada, el LAC puede ofrecer análisis informativos a particulares o empresas.

## 02. Marco legal

En la Unión Europea, el marco regulador vigente de los controles oficiales en materia de calidad y seguridad de los productos agroalimentarios es el Reglamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, relativo a los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la aplicación de la legislación sobre alimentos y piensos, y de las normas sobre salud y bienestar de los animales, sanidad vegetal y productos fitosanitarios (en adelante, el Reglamento sobre controles oficiales).

**El marco regulador vigente de los controles oficiales en materia de calidad y seguridad de los productos agroalimentarios es el Reglamento UE 2017/625.**

**La toma de muestras y los métodos de análisis oficiales están regulados por normativa. Si los métodos de análisis no están descritos en la normativa comunitaria, se establece un sistema de selección de métodos en cascada. Las muestras del control oficial pueden ser de tipo informativo o reglamentario.**

La anterior reglamentación reguladora de los controles oficiales en estos ámbitos, el Reglamento (CE) n.º 882/2004, estableció la obligación para los Estados miembros de disponer de planes nacionales de control plurianuales.

En respuesta a este requerimiento, en el Estado español se publicó el *Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria* (PNCOCA), que describe los sistemas de controles oficiales a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde de la producción primaria hasta los puntos de venta al consumidor final. Este plan tiene una vigencia quinquenal y se actualiza periódicamente. Como veremos más adelante en el apartado de designación de laboratorios, el PNCOCA incluye los laboratorios de análisis.

## 03. Muestreo y análisis oficiales

Tanto la toma de muestras como los métodos de análisis oficiales están regulados por normativa. Así, el Reglamento (CE) 152/2009 de la Comisión, de 27 de enero, establece los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos.

En cuanto al muestreo, para garantizar su representatividad, el número mínimo de puntos de muestreo (muestras elementales) varía en función de la cantidad total de pienso (tamaño del lote) y de si la distribución del analito en cuestión es uniforme o no.

Los métodos oficiales deben estar descritos en la normativa comunitaria y, en su defecto, se establece un sistema de selección de métodos en cascada, en el siguiente orden:

- métodos según normas o protocolos internacionalmente reconocidos, incluidos los aceptados por el Comité Europeo de Normalización (CEN), o bien desarrollados o recomendados por los laboratorios de referencia de la Unión Europea (LRUE) y validados conforme a protocolos científicos internacionalmente aceptados;
- métodos que cumplan normas nacionales; y



Muestras conservadas en el Laboratorio Agroalimentario. Foto: LAC.

- métodos desarrollados o recomendados por los laboratorios nacionales de referencia (LNR) o bien desarrollados o recomendados con estudios de validación de métodos realizados por el laboratorio o entre varios laboratorios, en ambos casos validados conforme a protocolos científicos internacionalmente aceptados.

No obstante, en caso de necesidad de análisis urgentes sin disponibilidad de ninguno de los métodos anteriores, el LNR o, en su defecto, cualquier otro laboratorio designado, podrá utilizar otros métodos hasta que un método apropiado sea validado conforme a protocolos científicos internacionalmente aceptados.

Las muestras procedentes del control oficial pueden ser de tipo informativo o reglamentario.

Las muestras informativas o prospectivas aportan información sobre los productos analizados y no implican procedimiento sancionador en caso de resultados no conformes.

Según el Reglamento sobre controles oficiales, los operadores tienen derecho a un segundo examen pericial y, en caso de litigio entre la autoridad competente y el operador, a otro análisis realizado por otro

laboratorio oficial. Con este objetivo, las muestras reglamentarias, que se componen de tres ejemplares (inicial, contradictorio y dirimente), sí pueden comportar la aplicación del régimen de infracciones y sanciones establecido por la ley aplicable. Dichas muestras deben estar debidamente precintadas para garantizar su inviolabilidad. El ejemplar contradictorio, en poder de las empresas de piensos o alimentos, podrá ser utilizado en caso de discrepancia con el resultado del inicial y, en su caso, la Administración podrá utilizar el dirimente.

#### 04. La designación de laboratorios

De acuerdo con el Reglamento sobre controles oficiales, las autoridades competentes deben designar a los laboratorios oficiales para realizar análisis de laboratorio de las muestras tomadas durante los controles oficiales.

Para la aplicación de dicho requerimiento, el PNCOCA contiene un procedimiento específico para designar laboratorios en el ámbito agroalimentario, por el que la autoridad competente designa un laboratorio concreto para realizar los análisis objeto de su control. Prevé la designación de laboratorios tanto públicos como privados, siempre que, con algunas excepciones de

carencia de oferta y de urgencia, tengan acreditados los ensayos requeridos según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 (requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración). La designación se realiza para determinaciones concretas o bien de forma global si coinciden con todos los ensayos incluidos en el anexo técnico de la acreditación del laboratorio.

El Reglamento Delegado (UE) 2021/1353 de la Comisión, de 17 de mayo de 2021, completa el Reglamento sobre controles oficiales por lo que respecta a los supuestos y las condiciones en que las autoridades competentes pueden designar como laboratorios oficiales a los laboratorios que no cumplan las condiciones en relación con todos los métodos que utilicen, en ámbitos que afectan al LAC, como son los aditivos alimentarios y los aromas y aditivos para piensos, a los que se permite la delegación en laboratorios que utilicen métodos no acreditados, siempre que dispongan de un sistema de calidad y cumplan los criterios de caracterización de los métodos de análisis establecidos en el anexo III del Reglamento sobre controles oficiales (exactitud, precisión, repetibilidad, reproducibilidad, límite de detección/cuantificación, recuperación, incertidumbre, etc.).

---

**El Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña informa de los laboratorios agroalimentarios, públicos y privados, que realizan análisis y controles sobre la calidad, la conformidad y la trazabilidad de los productos agroalimentarios.**

---

**Las autoridades competentes deben designar a los laboratorios oficiales para realizar análisis de laboratorio de las muestras tomadas durante los controles oficiales.**

---

#### 05. El Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña

En el Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña, creado y regulado por el Decreto 123/2009, de 28 de julio, se inscriben los laboratorios que realizan análisis agroalimentarios para terceros.

En virtud de dicho Registro, existe un catálogo que informa de los laboratorios agroalimentarios, públicos y privados, que realizan análisis y controles sobre la calidad, la conformidad y la trazabilidad de los productos agroalimentarios en el territorio de Cataluña.

Hay dos modalidades de inscripción:

- Como laboratorio acreditado por entidad de acreditación oficial, de acuerdo con el cumplimiento de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025.
- Como laboratorio reconocido que, a pesar de no disponer de la acreditación según la citada norma ISO, es competente para realizar las actividades para las que está inscrito.



Desarrollo de métodos analíticos en el Laboratorio Agroalimentario. Foto: LAC

Este catálogo, que se actualiza periódicamente, facilita el listado de grupos de actividades a las que está inscrito cada laboratorio e indica si está reconocido o acreditado. Puede darse el caso de que un mismo laboratorio agroalimentario esté acreditado para la realización de determinadas actividades y reconocido para otras.

---

Las exportaciones a terceros países de productos agroalimentarios son competencia del Estado español, pero el LAC participa en la certificación de aspectos analíticos.

---

Como miembro de la Asociación de LNR de aditivos que se utilicen en la alimentación animal, el LAC participa en el ámbito comunitario en la evaluación de métodos de análisis en este ámbito.

---

## 06. La certificación oficial

Las exportaciones a terceros países de productos para alimentación animal, consumo humano o fitosanitarios son competencia del Estado español, que emite el correspondiente certificado oficial, el cual incluye una serie de atestaciones sanitarias acordadas con las autoridades del país destinatario. Así pues, en el caso de piensos, alimentos y animales vivos, a través del buscador público de la web CEXGAN del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, pueden consultarse los requisitos por país y tipos de producto o animal.

Sin embargo, en algunos casos, para que dichos certificados puedan ser emitidos, se requiere una certificación previa de las

autoridades competentes de las comunidades autónomas. El LAC participa en la certificación o atestación oficial desde el punto de vista analítico.

Las muestras son analizadas en el LAC, o bien el cliente aporta boletines de laboratorios acreditados o inscritos en el Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña, según los cuales se verifica el cumplimiento de los requisitos analíticos de los productos y se emite el certificado correspondiente.

## 07. El LAC como laboratorio nacional de referencia

El LAC forma parte de una Asociación de Laboratorios Nacionales de Referencia (LNR) para aditivos que se utilicen en la alimentación animal, tal y como figura en el anexo II del Reglamento (CE) n.º 378/2005 de la Comisión, de 4 de marzo, que contiene normas para la aplicación del Reglamento (CE) n.º 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre, por lo que respecta a los deberes y tareas del laboratorio comunitario de referencia en relación con las solicitudes de autorización de aditivos para la alimentación animal.

En el Estado español, también forma parte de dicha Asociación el Laboratorio Arbitral Agroalimentario, en Madrid; por su parte, el laboratorio de referencia de la UE (LRUE) es el Instituto de Medidas y Materiales de Referencia – *Centro Común de Investigación* (IRMM-JRC, por sus siglas en inglés), en Geel (Bélgica).

El LRUE está asistido por la Asociación de Laboratorios Nacionales de Referencia para algunas de las funciones que tiene asignadas, relacionadas en el anexo II del Reglamento (CE) n.º 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre, sobre los aditivos en la alimentación animal. En concreto, el LAC apoya al LRUE en las siguientes funciones:

- Evaluar los métodos de análisis de aditivos a partir de los datos presentados en las solicitudes de autorización.



Registros de laboratorio. Fuente: LAC.

- Presentar a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) los informes de evaluación.
- Coordinar la validación de métodos de análisis de aditivos.

Por tanto, los laboratorios de la Asociación son responsables de contribuir al informe de evaluación inicial para la autorización de aditivos, que es redactado por uno de los laboratorios, mediante el envío de comentarios en un plazo de veinte días desde de la recepción del informe. En 2020, el LAC evaluó un total de 43 informes iniciales, y en 2021, 36.

## 08. Conclusiones

El LAC forma parte del sistema de controles oficiales en la cadena alimentaria. Además de estar acreditado según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, está sometido al cumplimiento de la legislación de ámbito comunitario, estatal y autonómico. El cumplimiento de todos los requisitos normativos da a los resultados analíticos obtenidos la calidad y fiabilidad necesarias. Asimismo, con el Registro de Laboratorios Agroalimentarios, el LAC vela por la existencia de una oferta analítica adecuada, y con la certificación da servicio a las actividades comerciales de los operadores económicos. Como miembro de la Asociación de Laboratorios Nacionales de Referencia, tiene una serie de responsabilidades que le dan prestigio y aumentan la calidad de sus servicios en el ámbito de la alimentación animal.

<b>2021: 131 CELAC</b>	13 empresas	11 piensos (100 CELAC)
		1 alimento (11 CELAC)
		1 fitosanitario (20 CELAC)
	10 países	Argelia (75 CELAC)
		Sudán (22), Filipinas (17), Rusia (5), Indonesia (5), EE. UU. (2), Singapur (2), Jordania (1), Marruecos (1), Arabia Saudí (1)
	91 muestras analizadas en el LAC (69 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Componentes animales, microbiología y radioactividad (50 CELAC)</li> <li>· Físicoquímico, microbiología y radioactividad (41 CELAC)</li> </ul>

Certificados de exportación (CELAC) emitidos por el Laboratorio Agroalimentario en 2021. Fuente: LAC

## Para más información

Laboratorio Agroalimentario

<https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/index.html/>

Reglamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, relativo a los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la aplicación de la legislación sobre alimentos y piensos, y de las normas sobre salud y bienestar de los animales, sanidad vegetal y productos fitosanitarios

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02017R0625-20191214&qid=1631604667093&from=ES>

Reglamento Delegado (UE) 2021/1353 de la Comisión, de 17 de mayo de 2021, por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a los supuestos y las condiciones en que las autoridades competentes pueden designar como laboratorios oficiales a los laboratorios que no cumplan las condiciones en relación con todos los métodos que utilicen para realizar los controles oficiales y otras actividades oficiales

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1353&qid=1631604913830&from=ES>

Reglamento (CE) n.º 152/2009 de la Comisión, de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R0152-20201116&from=EN>

Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria (PNCOCA)

[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/seccion/pncoca.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/pncoca.htm)

Decreto 123/2009, de 28 de julio, del Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña

[https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=480654&language=ca\\_ES](https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=480654&language=ca_ES)

Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña

<https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/registre-laboratoris/index.html>

Catálogo del Registro de Laboratorios Agroalimentarios de Cataluña

<https://analisi.transparenciacatalunya.cat/es/Industria/Registre-dels-laboratoris-agroalimentaris-de-Catal/4i2z-4vrq/data>

Comercio Exterior Ganadero (CEXGAN) <https://servicio.mapama.gob.es/cexgan/publico/publico/Buscador.aspx>

Reglamento (CE) n.º 378/2005 de la Comisión, de 4 de marzo de 2005, sobre normas detalladas para la aplicación del Reglamento (CE) n.º 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que se refiere a los deberes y las tareas del laboratorio comunitario de referencia

en relación con las solicitudes de autorización de aditivos para alimentación animal

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A02005R0378-20151022&qid=1635331092471>

Reglamento (CE) n.º 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre los aditivos en la alimentación animal

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A02003R1831-20210327&qid=1635332233194>

Laboratorios Nacionales de Referencia (LNR) y de la Unión Europea (LRUE)

para el estudio de alimentos y piensos

[https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/laboratorios-agroalimentarios/lista-aecosan-laboratorios-nacionales-de-referencia\\_tcm30-448729.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/laboratorios-agroalimentarios/lista-aecosan-laboratorios-nacionales-de-referencia_tcm30-448729.pdf)

## Autoría

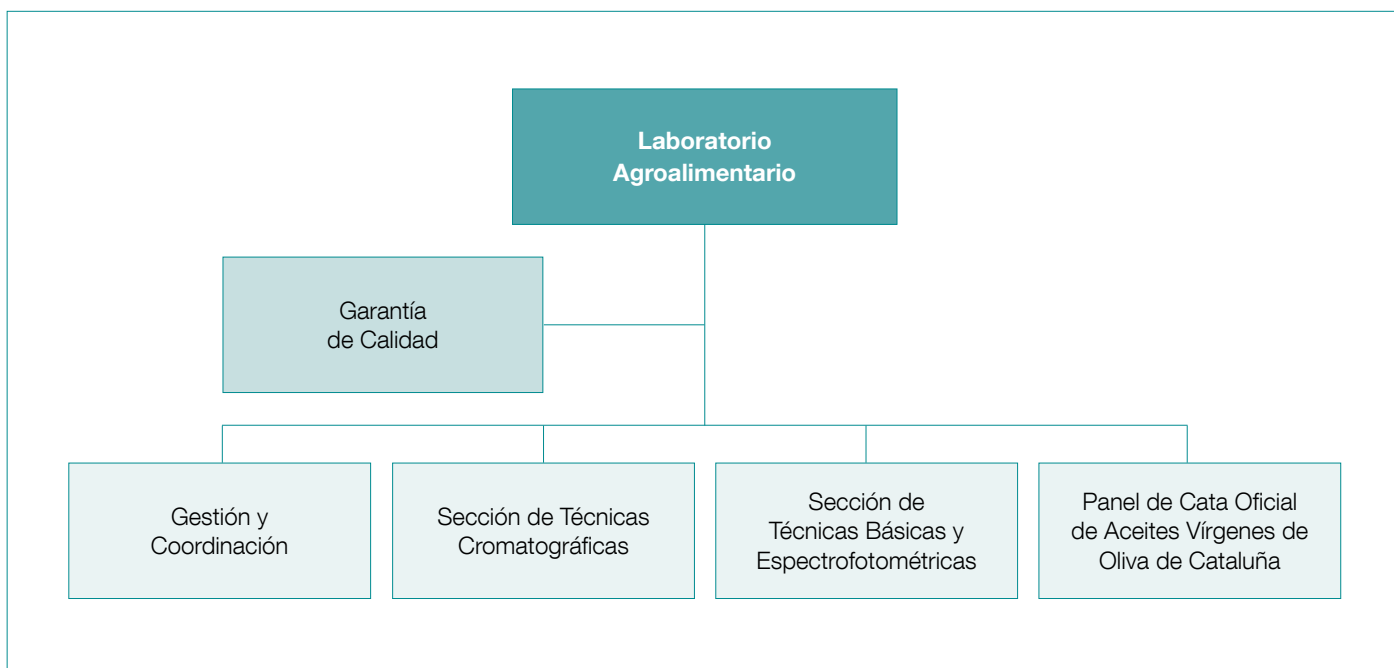


**Raquel Vélez Martín**

Jefa de la Sección de Técnicas Básicas y Espectrofotométricas. Laboratorio Agroalimentario. DACC. [raquel.velez@gencat.cat](mailto:raquel.velez@gencat.cat)

# LOS LABORATORIOS DEL DEPARTAMENTO DE ACCIÓN CLIMÁTICA, ALIMENTACIÓN Y AGENDA RURAL.

## Infraestructura, medios técnicos y recursos



Organigrama del LAC. Fuente: LAC.

### 01. El Laboratorio Agroalimentario

#### 01.1 Organigrama

El Laboratorio Agroalimentario (LAC), con rango asimilado a servicio, es un órgano adscrito al Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural. Depende de la Subdirección General de Transferencia e Innovación Agroalimentaria.

Del LAC, que se encuentra ubicado en Cabriels, depende el Panel de Cata Oficial de Aceites Vírgenes de Oliva de Cataluña, situado en Reus.

#### 01.2 Infraestructura

El LAC está ubicado en la entrada de Ca-



Edificio del LAC. Foto: LAC.

El LAC, con rango asimilado a servicio, es un órgano adscrito al Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural y depende de la Subdirección General de Transferencia e Innovación Agroalimentaria.

brils, en un edificio aislado, propiedad del Departamento de Acción Climática, distribuido en una planta baja y tres plantas superiores, con un total de 3.271 m<sup>2</sup>. De esa superficie, casi la mitad (1.401 m<sup>2</sup>) co-



responde a salas de laboratorio y salas de preparación de muestras. El resto se distribuye entre salas de uso administrativo, salas de reuniones, biblioteca, aseos y vestuarios, *office* y comedor, almacenes y locales de instalaciones, vestíbulo, pasillos, escaleras, terrazas y patios.

La planta baja está cedida al Laborato-

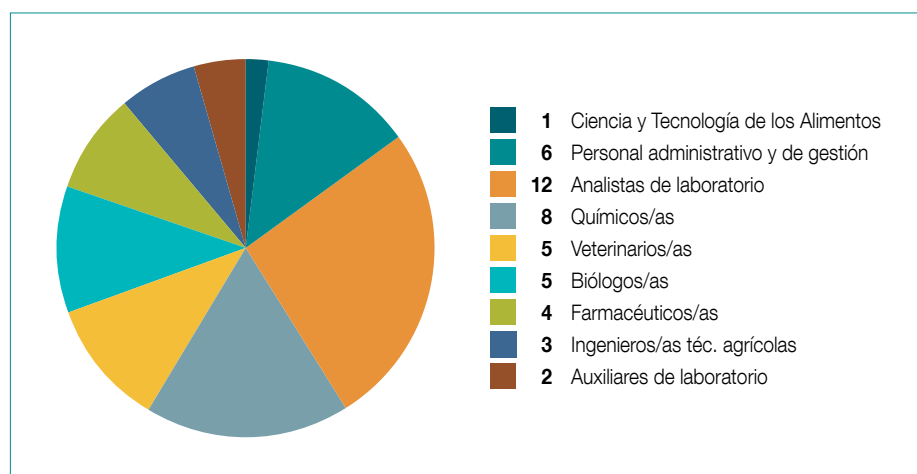
rio Interprofesional Lechero de Cataluña (ALLIC). El resto de plantas están ocupadas por el LAC.

### 01.3 Personal

El LAC está integrado por 46 personas, entre personal técnico y de administración y gestión (tabla 1).

Personal	Personas	Porcentaje
Mujeres	35	76
Hombres	11	24
Total	46	100

**Tabla 1.** Personal del LAC, por sexos. Fuente: LAC.



Personal del LAC, por formación. Fuente: LAC.



Personal del LAC desarrollando un método de análisis. Fuente: LAC

### 01.4 Equipos

El equipo analítico instrumental necesario para la aplicación de las diversas técnicas es amplio y diverso. Los equipos analíticos de los que dispone el LAC son, principalmente:

Pequeños instrumentos

- Ópticos (p. ej.: polarímetros, refractómetros, microscopios, lámparas, lupas)
- Gravimétricos (p. ej.: granatarios, balanzas, balanzas analíticas)
- De temperatura (p. ej.: baños, estufas, muflas, autoclaves)
- De conservación/congelación (p. ej.: neveras, congeladores, ultracongeladores)
- Volumétricos (p. ej.: buretas, pipetas automáticas, dispensadores, jeringuillas)
- De evaporación/destilación (p. ej.: TurboVap, evaporador rotatorio, Gibertini, Kjeltec)
- De homogeneización/molturación (p. ej.: Stomacher, ultrasonidos, Ultra-Turrax, Agytax)
- pH-metros
- Microondas (p. ej.: ultraclave, ultrasonidos)
- Extractor de grasas (p. ej.: Soxtec)
- Centrifugas (p. ej.: centrifugas, ultracentrifugas refrigeradas)
- Densímetro digital Anton Paar
- Sutopreparador de medios y emplazador
- Electroforesis capilar
- Otros pequeños instrumentos

Grandes instrumentos

- Cromatografía de gases:
  - 1 GC-ECD/FID
  - 1 GC-FID/FID
  - 1 GC-MSD
  - 1 GC-FID
  - 2 GC-MS/MS
- Cromatografía de líquidos:
  - 3 HPLC/DAD/F
  - 1 HPLC/DAD/IR
  - 1 LC/DAD/MSD
  - 3 LC-MS/MS
- Espectroscopía
  - 1 ICP-AES
  - 1 ICP-MS
- Espectrofotómetro
  - 1 UV/VIS
- Termocicladores (2 PCR) y termocicladores en tiempo real (2 qPCR)

- Autoanalizador de nitrógeno Dumas y autoanalizador de mercurio

Equipos de referencia

- Filtros
- Fluxómetros
- Masas
- Sondas de temperatura
- Termohigrómetros

Equipos de protección individual

- Vitrinas (p. ej.: de gases, de ácidos)
- Cabinas (p. ej.: flujo laminar, de filtración de gases)

Protección de equipos en red

- Equipos especialmente sensibles y costosos protegidos por SAI
- Grupo electrógeno para la protección de cortes de suministro eléctrico en todo el edificio
- Sistema de protección contra incendios con centralita

El equipo analítico instrumental necesario para la aplicación de las diversas técnicas en el LAC es amplio y diverso.

## 02. El Laboratorio de Sanidad Animal de Cataluña y el Laboratorio de Agricultura y Sanidad Vegetal de Cataluña

### 02.1 Organigrama

El Laboratorio de Sanidad Animal de Cataluña (LaSAC) y el Laboratorio de Agricultura y Sanidad Vegetal de Cataluña (LASVC) son los laboratorios oficiales de soporte técnico para el diagnóstico de las enfermedades previstas en los programas oficiales de vigilancia, control, lucha y erradicación, en materia de sanidad animal y vegetal, de la Generalitat de Catalunya.

Ambos laboratorios dependen de la Dirección General de Agricultura y Ganadería y están ubicados en Lleida dentro del Campus UdL de la ETSEA (Agrónomos).

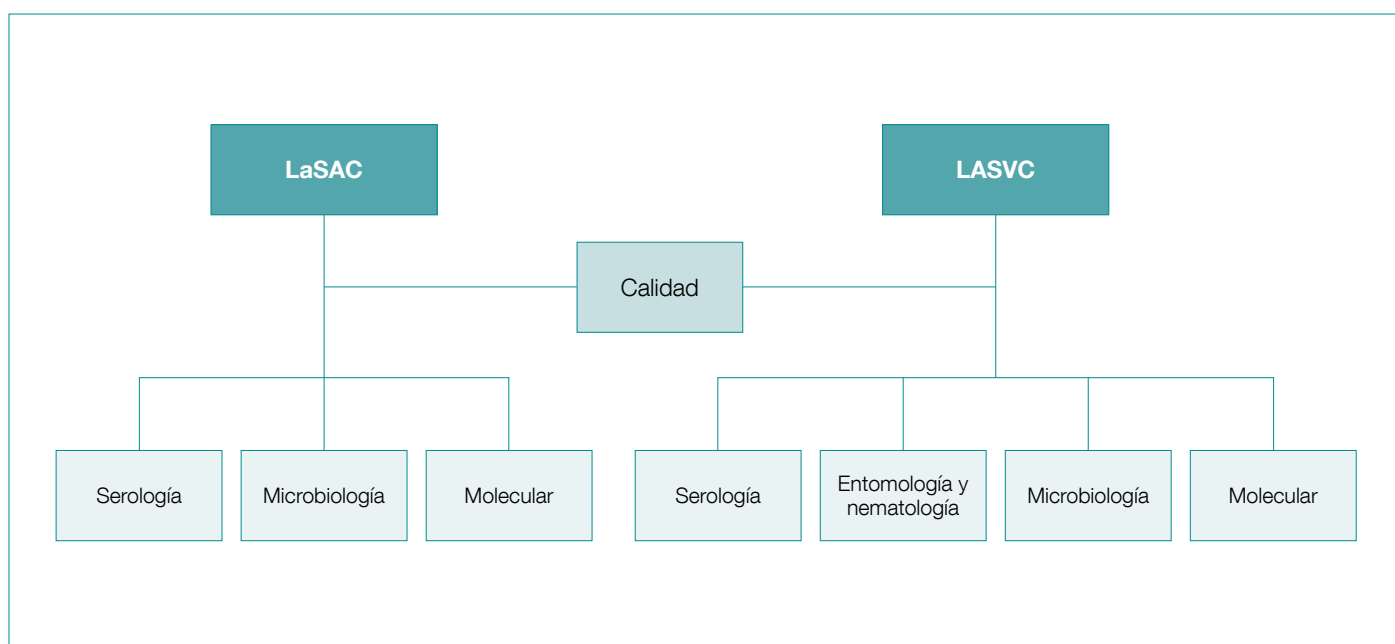
### 02.2 Infraestructura

Los laboratorios de la DG de Agricultura y Ganadería están ubicados en un edificio de tres plantas. Las dos plantas superiores, unos 2.000 m<sup>2</sup>, corresponden a las instalaciones de los laboratorios, y en la planta baja se encuentran los accesos para el personal, el muelle de carga y descarga y la gestión de residuos.

La superficie del laboratorio está dividida



Cromatógrafo de gases FID / FID del LAC. Foto: LAC.



Organigrama del LaSAC y el LASVC. Fuente: LaSAC/LASVC.

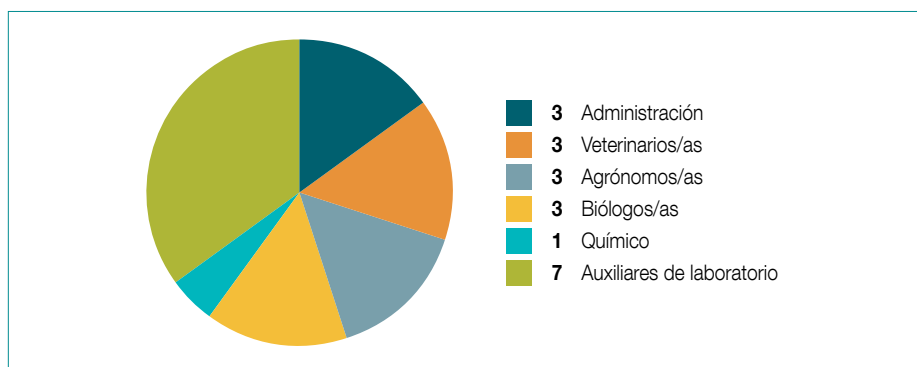


Edificio del LaSAC y del LASVC. Foto: LaSAC/LASVC.

El LaSAC y el LASVC son los laboratorios oficiales de apoyo técnico para el diagnóstico de las enfermedades previstas en los programas oficiales de vigilancia, control, lucha y erradicación, en materia de sanidad animal y vegetal, de la Generalitat de Catalunya.

Personal	Personas	Porcentaje
Mujeres	16	80
Hombres	4	20
Total	20	100

Tabla 2. Personal del LaSAC y el LASVC, por sexos. Fuente: LaSAC/LASVC.



Personal del LaSAC y el LASVC, por formación. Fuente: LaSAC/LASVC.

en una zona de recepción de muestras, dos salas de administración, diferentes salas para cada uno de los departamentos de los laboratorios, un laboratorio de contención biológica, cámaras y diferentes aposentos de uso común para ambos laboratorios, vestuarios, sala de reuniones, almacenes, etc.

### 02.3 Personal del laboratorio

En el LaSAC y el LASVC trabajan 20 personas, entre personal técnico y de administración y gestión (tabla 2).

### 02.4 Equipos del laboratorio

El equipo analítico instrumental necesario para la aplicación de las distintas técnicas es muy variado y extenso. Los equipos analíticos de los que disponen el LaSAC y el LASVC son, principalmente:

#### Pequeños instrumentos

- Ópticos (p. ej.: pequeños microscopios, lámparas, lupas)
- Gravimétricos (p. ej.: granatarios, balanzas, balanzas analíticas)
- De temperatura (p. ej.: baños, estufas,

muffas, autoclaves, incubadoras)

- De conservación/congelación (p. ej.: neveras, congeladores, dos equipos de ultracongelación a -80 °C)
- Volumétricos (p. ej.: buretas, pipetas automáticas, dispensadores, jeringuillas)
- De homogeneización/molituración (p. ej.: Stomacher, ultrasonidos, politrón)
- pH-metros
- Microondas (p. ej.: ultraclave, ultrasonidos)
- Extractor de grasas (p. ej.: Soxtec)
- Centrífugas (p. ej.: centrífugas, ultracentrífugas refrigeradas)
- Sutopreparador de medios y emplazador
- Electroforesis capilar
- Termobloc
- Lavadero de placas ELISA
- Purificador de agua Millipore
- Mecheros Bunsen electrónicos y con detección de movimiento
- Otros pequeños instrumentos

#### Grandes instrumentos

- Equipos ópticos de estereoscopía y microscopía de alta resolución, con sistemas de manejo y almacenamiento de imágenes para el sistema de calidad del laboratorio
- Equipo para calibrar pipetas multicanales
- Equipo para calibrar detectores de gases
- Homogeneizadores de muestras Homex (dos)
- Molino triturador-homogeneizador
- Robots procesadores de muestras
  - 1 con dos brazos de 4 y 96 puntas
  - 1 con un brazo de 4 puntas
- Cromatógrafo de gases por identificación bacteriana MIS
- Fotómetros ELISA (3)
- Equipos de extracción de ácidos nucleicos
  - QIAcube de 8 columnas (2 equipos)
  - Biosprint de bolas magnéticas
- Concentrador de ADN y ARN
- Nanodrop
- Termocicladores de punto final (2 equipos de PCR) y termocicladores en tiempo real (4 equipos de qPCR)
- Transiluminador
- Sistema centralizado de control de temperatura en neveras, estufas, congeladores, cámaras de frío e incubadoras, mediante sondas externas de temperatura

### Equipos de referencia

- Masas patrón
- Sonda de temperatura
- Higrómetro
- Placa de verificación fotómetro

### Equipos de protección individual

- Vitrinas de gases (para ácidos, bases y productos tóxicos y volátiles)
- Cabinas de seguridad biológica (I y II), con flujo horizontal y vertical
- Minicabinas de PCR

### Protección de equipos en red

- Equipos especialmente sensibles y costosos, patrones y materiales de referencia, protegidos por SAI
- Grupo electrógeno para la protección de cortes de suministro eléctrico en todo el edificio

## 03. El LIMS en el funcionamiento de los laboratorios

El *software* de sistema de gestión de información de laboratorio o LIMS (*Laboratory Information Management System*) es una aplicación informática que sirve para gestionar de forma eficaz todo el volumen de datos y resultados de los laboratorios.

A través de este programa, ambos laboratorios gestionan todas las muestras, desde la entrada en el laboratorio hasta que sale el boletín de resultados, así como todos los procesos relacionados.

El LIMS permite, principalmente, las siguientes funciones:

- Gestión de las muestras
- Gestión de las cargas de trabajo
- Gestión de los resultados y la trazabilidad de los análisis
- Integración con los equipos y los instrumentos de medida
- Validación de los resultados
- Generación de los informes de resultados
- Acceso a plataforma web para los clientes para consultar o descargar boletines de resultados
- Explotación de datos y estadísticas de la actividad de los laboratorios



Equipos diversos del LaSAC y del LASVC. Foto: LaSAC/LASVC.

- Gestión del almacén y stock de los reactivos
- Gestión de la facturación
- Gestión de los equipos: mantenimientos, calibraciones, averías, etc.
- Gestión de los registros de calidad

**El LIMS es una aplicación informática que permite gestionar de forma eficaz todo el volumen de datos y resultados de los laboratorios.**

## 04. Conclusiones

Para realizar todos los controles oficiales, los laboratorios del Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural necesitan unos equipamientos e infraestructura potentes, así como un equipo cualificado de personal técnico y de administración.

Las exigencias del control oficial y la necesidad de cumplir con todos los requisitos normativos, cada vez más exigentes, hace necesaria la renovación periódica de equipamiento y la formación continua del personal, sobre todo por lo que respecta a nuevos métodos y técnicas de análisis.



Muestras registradas en el laboratorio y material para la preparación previa al análisis. Foto: LaSAC/LASVC.

## Para más información

Laboratorio Agroalimentario: <https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/index.html>

Laboratorio de Agricultura y Sanidad Vegetal de Cataluña: [https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/agricultura/dar\\_sanitat\\_vegetal\\_nou/laboratori-agricultura-sanitat-vegetal-catalunya/index.html](https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/agricultura/dar_sanitat_vegetal_nou/laboratori-agricultura-sanitat-vegetal-catalunya/index.html)

Laboratorio de Sanidad Animal de Cataluña: [http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/ramaderia/sanitat-animal/dar\\_actuacions\\_transversals/dar\\_laboratoris\\_sanitat\\_ramadera/](http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/ramaderia/sanitat-animal/dar_actuacions_transversals/dar_laboratoris_sanitat_ramadera/)

## Autoría



### Anna Prat Babiloni

Responsable de la Unidad de Garantía de Calidad.  
Laboratorio Agroalimentario.  
DACC.  
[apratbabiloni@gencat.cat](mailto:apratbabiloni@gencat.cat)



### Jordina Faurat Casulleras

Responsable de la Unidad de Garantía de Calidad.  
Laboratorio de Sanidad Animal y Laboratorio de Agricultura y Sanidad Vegetal de Catalunya.  
DACC.  
[jfaurat@gencat.cat](mailto:jfaurat@gencat.cat)

# EL PROCESO DE ANÁLISIS.

## Diagrama de flujo. Un método de análisis, un proyecto



Instalaciones del Laboratorio Agroalimentario. Foto: LAC.

### 01. Introducción

En este artículo se explicará el proceso de análisis en el Laboratorio Agroalimentario (LAC) de dos muestras en las que se solicitan las determinaciones de residuos de plaguicidas y de organismos modificados genéticamente (OMG), desde la recepción hasta la emisión del boletín de análisis correspondiente.

Las determinaciones elegidas forman parte de los controles oficiales en la cadena alimentaria y son ejemplos de dos procedimientos distintos. El de residuos de plaguicidas implica el uso de las técnicas de cromatografía acopladas a espectrometría de masas y el de OMG requiere la amplificación por la técnica de PCR en tiempo real de extractos de ADN.

Las técnicas de cromatografía y biología molecular son herramientas imprescindibles en el control oficial agroalimentario.

### 02. Recepción y preparación de muestras

Los diferentes clientes, en su mayoría, los propios servicios de inspección del Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural (DACC), así como otros de la Administración del Estado y de las comunidades autónomas, envían las muestras al LAC, que son recibidas por la unidad interna de Gestión y Coordinación.

Una vez revisada la información de la hoja de solicitud y la propia muestra, se realiza la identificación con un número de regis-

Las técnicas de cromatografía y biología molecular son herramientas imprescindibles en el control oficial agroalimentario.

tro y la introducción de la información de la muestra y las determinaciones a realizar en el LIMS, el software de gestión del LAC.

La preparación de la muestra debe garantizar su representatividad y está regulada por la normativa vigente. Incluye la molienda, en el caso de muestras sólidas, y la filtración, en su caso, en las líquidas.

Las muestras se dividen en tantas submuestras como tipos de determinaciones haya solicitado el cliente a fin de distribuir las al personal técnico que vaya a analizarlas.

## La preparación de la muestra debe garantizar su representatividad y está regulada por la normativa vigente.

### 03. Determinación de residuos de plaguicidas en productos vegetales no procesados

#### 03.1 Marco normativo

El Reglamento (CE) 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero, relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal es el marco normativo en este ámbito.

El límite máximo de residuos (LMR) es el nivel superior de concentración legal permitido de un residuo de producto fitosanitario, expresado en mg/kg en alimentos y piensos. Los LMR se encuentran en la normativa anteriormente citada para cada fitosanitario en cada producto vegetal y se actualizan periódicamente en función

del conocimiento científico. Se dispone de LMR para más de 1.000 fitosanitarios en más de 300 productos.

En este contexto, los métodos de análisis necesarios para controlar la presencia de residuos de plaguicidas en dichos productos deben ser suficientemente sensibles y específicos para poder identificar y cuantificar un número muy elevado de productos en concentraciones muy bajas, del orden de partes por billón.

#### 03.2 Preparación de la muestra

En el Reglamento (CE) n.º 178/2006, por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 396/2005, figura la lista de alimentos y piensos a los que se aplican contenidos máximos de residuos de plaguicidas.

En esta normativa figura la parte de los productos a los que se aplican los límites máximos. Así, por ejemplo, en los cítricos, los LMR se aplican al producto entero, mientras que en el caso de las aceitunas para aceite, el LMR se aplica al producto entero después de quitarle el tallo (en su caso) y la tierra (en su caso).

La primera operación a realizar tras determinar en qué partes de la muestra se aplican los LMR es realizar el cuarteo, que se hace dividiendo cada pieza en dos partes y disponiéndolas sobre una superficie plana de forma aleatoria. Se divide la superficie en cuatro partes y se cogen los dos cuartos opuestos. Se va repitiendo la opera-

ción de cuarteo hasta obtener la alícuota analítica de aproximadamente 250 g. Posteriormente, se procede a la molienda de la muestra.

Finalizada la preparación de la muestra, se extraen los plaguicidas.

#### 03.3 Extracción de los plaguicidas

El LAC tiene clasificadas las muestras según sus características en los siguientes grupos:

- G1: Fruta (vegetales con alto contenido en agua y medio/alto en azúcares)
- G2: Hortalizas (vegetales con alto contenido en agua y bajo en azúcares)
- G3: Cereales y legumbres (vegetales con bajo contenido en agua y bajo en grasa)
- G4: Cítricos (vegetales con alto contenido en agua, medio/alto en azúcares y alto en ácido)
- G5: Frutos secos y semillas oleaginosas
- G6: Matrices complejas y otros
- G7: Aceitunas y frutos aceitosos (vegetales con alto contenido en grasa y alto en agua)
- G8: Flores
- G9: Hojas
- G10: Troncos

Según el grupo al que pertenece la muestra, se utiliza extracción con disolvente orgánico (acetato de etilo) en los grupos G1, G2 y G4 cuando la determinación se realiza por cromatografía de gases con de-



Muestras conservadas en el Laboratorio Agroalimentario. Foto: LAC.

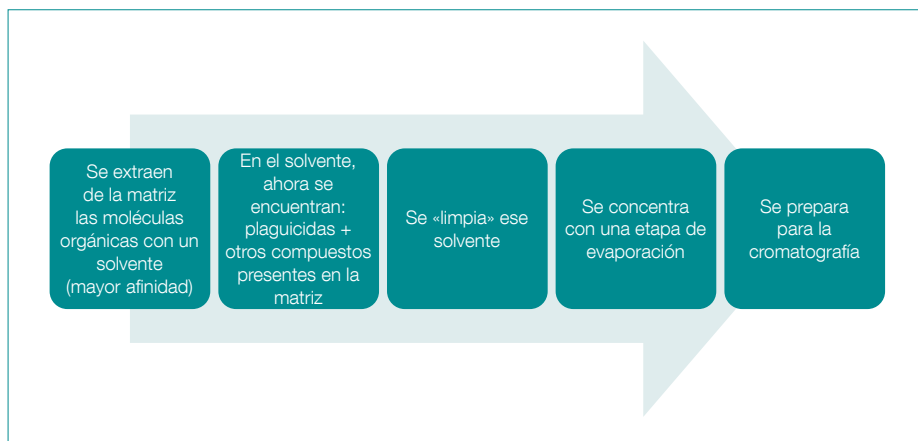


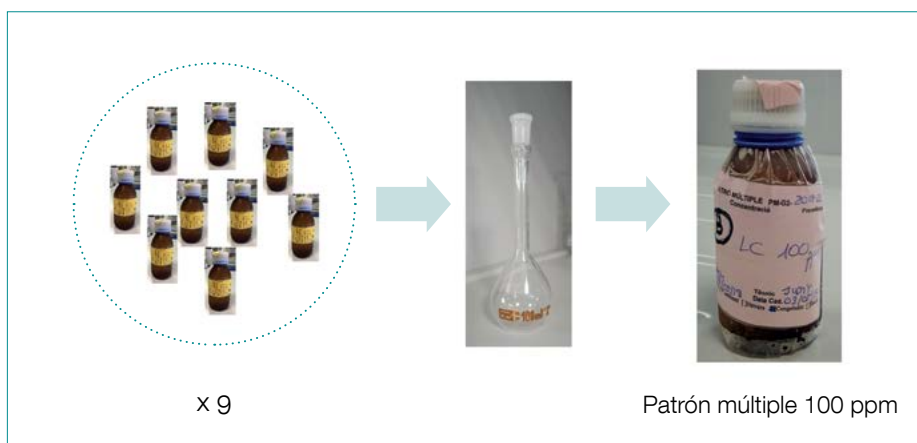
Figura 1. Proceso de extracción de plaguicidas. Fuente: LAC.

Pesar 5 g de muestra de aceitunas  
 Preparar la muestra de control adicionada  
 Añadir a todas las muestras y controles el patrón interno  
 Añadir 10 ml de reactivo de extracción y agitar  
 Centrifugar 5 minutos a 3.000 rpm  
 Congelar a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un mínimo de 12 horas  
 Coger una alícuota de 6 ml de la fase orgánica  
 Introducir la alícuota obtenida en un tubo de *cleanup* (PSA/GCB/sulfato de magnesio)  
 Agitar y centrifugar  
 Medir 4 ml y evaporar en el TurboVap a  $\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 Reconstituir con 1 ml de acetato de etilo (GC) o 1 ml MeOH/H<sub>2</sub>O 80/20 (LC) y homogeneizar  
 Filtrar en  $0.22\ \mu\text{m}$  en caso de que los extractos se analicen por LC o en  $0.45\ \mu\text{m}$  en caso de que se analicen por GC  
 Encapsular en viales de cromatografía  
 Preparar la recta de calibrado con el extracto de matriz

Procedimiento de análisis de extracción de plaguicidas en aceitunas. Fuente: LAC.



Análisis de plaguicidas. Foto: LAC.



Preparación de patrones. Fuente: LAC.

tección por espectrometría de masas (GC-MS/MS/MS/MS), o bien con extracción en fase sólida dispersiva (QuEChERS) en el grupo G4 y en los grupos de G5 a G10 cuando la determinación se realiza por cromatografía líquida con detección por espectrometría de masas (LC-MS/MS/MS/MS).

Del proceso de extracción obtenemos un extracto en disolvente orgánico que pasará a la determinación por cromatografía líquida de alta resolución o cromatografía de gases de alta resolución con detección por espectrometría de masas con triple cuadrupolo.

#### 03.4 Detección y cuantificación de los plaguicidas

Cada plaguicida, en función de sus características químicas, requerirá un sistema de cromatografía distinto. En el caso de los productos termolábiles, la técnica de elección será la cromatografía líquida (LC) y en el resto la cromatografía de gases (GC); también podemos encontrar analitos que tengan una buena respuesta para ambos sistemas de separación. El sistema de detección será la espectrometría de masas con triple cuadrupolo en ambos casos (MS/MS/MS/MS).

Las técnicas de cromatografía acopladas con espectrometría de masas son muy sensibles y permiten identificar y cuantificar los plaguicidas.

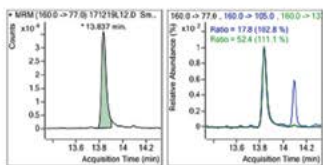
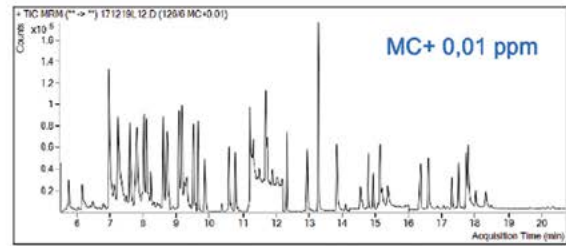
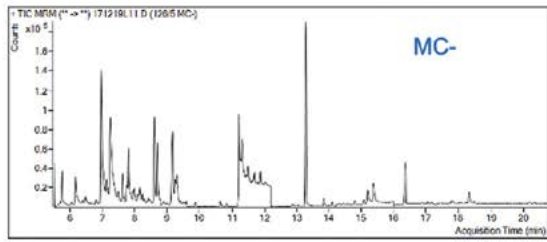
El LAC tiene en su catálogo de servicios un total de 173 plaguicidas en productos vegetales no procesados, de los cuales 83 se determinan por LC-MS/MS/MS/MS y 90 por GC-MS/MS/MS/MS.

Para determinar y cuantificar los plaguicidas es necesario disponer de patrones individuales de cada sustancia a analizar, con su correspondiente certificado de riqueza. Por pesada y dilución se prepara una solución madre de cada patrón. Una vez preparadas las 173 soluciones individuales, se preparan múltiples patrones.

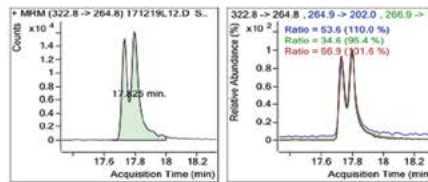
También hay que disponer de muestras sin contenido en plaguicidas o *muestras*

GC-MS/MS

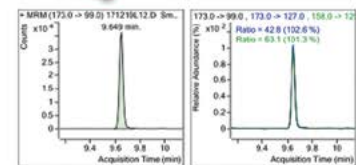
Muestras de aceite



Fosmet

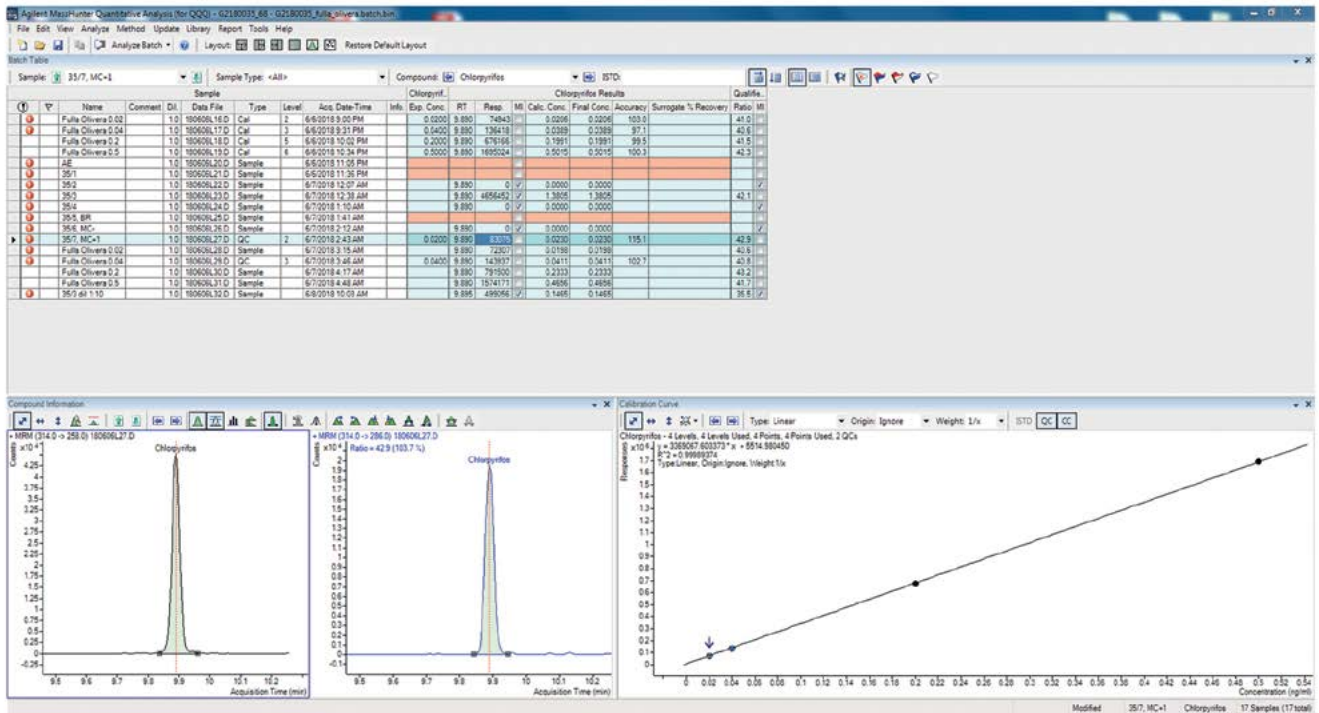


Difenoconazol



Malatión

Señal cromatográfica GC-QQQ de una muestra de aceite. Fuente: LAC.



Cuantificación de clorpirifós en hoja de olivo. Fuente: LAC.



blancas, que servirán como muestras de control, en las que se determinarán los plaguicidas para concluir que no se encuentran en las muestras y, por tanto, se podrán añadir a dichas muestras blancas cantidades conocidas de los patrones para poder realizar la cuantificación de las muestras problema y evaluar la recuperación de las extracciones.

Una vez inyectados en los correspondientes sistemas cromatográficos los patrones, controles y muestras, se obtendrán los perfiles cromatográficos que permitirán identificar y cuantificar los plaguicidas.

## Las técnicas de cromatografía acopladas con espectrometría de masas son muy sensibles y permiten identificar y cuantificar los plaguicidas.

Los resultados obtenidos se informarán en el boletín de análisis y serán interpretados convenientemente por los organismos de inspección, atendiendo a los LMR normativos vigentes.

### 04. Detección y cuantificación de OMG en piensos

El Reglamento (CE) n.º 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre, regula los niveles límite para el etiquetado y la comercialización de productos con presencia de OMG. Así, en alimentación animal, las materias primas o los piensos compuestos que contengan o estén compuestos o producidos por OMG, o bien estén producidos a partir de OMG, irán etiquetados como productos modificados genéticamente si el contenido por ingrediente es superior al 0,9 %. Son ejemplos de cada tipo:

- Alimentos que son OMG: maíz modificado genéticamente.

- Alimentos que contienen OMG: salsa de soja preparada con semillas de soja modificada genéticamente.
- Alimentos producidos a partir de OMG: aceite de soja modificada genéticamente.
- Alimentos que contienen ingredientes producidos a partir de OMG: preparado que contiene lecitina de soja procedente de soja modificada genéticamente.

Por tanto, en primer lugar, hay que detectar si los piensos tienen o no algún componente modificado genéticamente y, posteriormente, cuantificar aquellos componentes que se hayan detectado para determinar si el etiquetado es correcto.

Todos los métodos analíticos utilizados se encuentran en la base de datos de métodos validados por el laboratorio de referencia europeo y se aplican en la mayoría de laboratorios europeos, lo que permite tener resultados comparables.

Como controles de referencia, se utilizan materiales certificados procedentes principalmente de los materiales de referencia europeos.

#### 04.1 Preparación de la muestra

Las muestras preparadas, tal y como se ha descrito en el apartado 02, pueden ser de grano entero, grano quebrado, harina y pienso compuesto, con granulometría y naturaleza diversas. El objetivo es que tengan una textura de harina fina para iniciar la extracción de ADN con la máxima eficiencia y homogeneidad.



Muestra de maíz en grano una vez molturada.  
Fuente: LAC.

Todos los métodos analíticos utilizados se encuentran en la base de datos de métodos validados por el laboratorio de referencia europeo.

#### 04.2 Separación de los espacios de trabajo

Es fundamental que los diferentes espacios de trabajo estén suficientemente separados para evitar contaminaciones, por lo que se dispone de espacios diferenciados:

- Sala de preparación de la muestra
- Sala de extracción y manipulación de los extractos de ADN
- Sala de preparación de reactivos de PCR
- Sala de amplificaciones de PCR

Es indispensable que la sala donde se prepare la muestra esté bien apartada de las salas de análisis para evitar una posible contaminación ambiental, ya que la sensibilidad de la técnica utilizada, la PCR, puede llegar a detectar trazas, y con la molturación se puede generar polvo de partículas muy finas que podrían contaminar el ambiente. Por ello, se incluye un testimonio del control ambiental en cada serie de molturación que indicará si el ambiente ha sido o no contaminado.

#### 04.3 Extracción del ADN

Se utiliza principalmente un kit comercial (Nucleospin® Food) que ha sido validado en el LAC para realizar la extracción del ADN con los diferentes tipos de matrices que se analizan (grano, harinas, material vegetal y piensos compuestos). Esto facilita la unificación del procedimiento y permite controlar mejor los reactivos.

La extracción consta de una lisis celular con la que se libera el ADN junto con el contenido celular, una centrifugación para eliminar los restos sólidos, una fijación y precipitación para separar el ADN del resto de componentes de la fracción líquida, una fijación a una minicolumna con una

membrana de sílice especial donde quedará retenido el ADN, un lavado para eliminar las sustancias solubles que puedan interferir en el análisis y una recuperación y solubilización del ADN ya purificado. Posteriormente, se evalúa la cantidad y calidad mediante un microespectrofotómetro y se ajustan las concentraciones de trabajo antes de proceder al análisis.

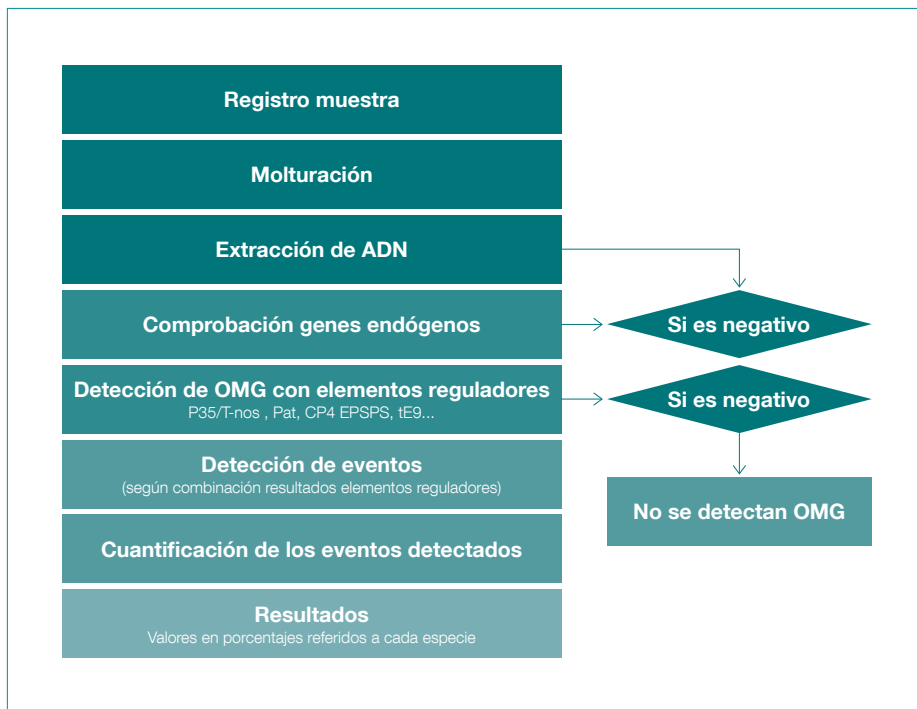
#### 04.4 Detección de OMG o cribado

Con el ADN purificado y ajustada la concentración, ya se pueden iniciar los análisis de PCR. Tanto los análisis de detección como los de cuantificación de los OMG se realizan mediante PCR a tiempo real (qPCR) con sondas TaqMan, lo que permite una alta sensibilidad y especificidad.

Primero, se hace un análisis de elementos reguladores (promotores, terminadores, elementos de construcción, etc.), que son genes que acompañan a la estructura del ADN insertado en la modificación lo suficientemente generales como para detectar la mayoría, y en algunos casos la totalidad, de las variedades modificadas genéticamente.

En el LAC se analizan cinco elementos reguladores (p35s, T-nos, PAT, CP4 EPSPS y tE9), que detectarían OMG en materiales que contengan maíz, soja, colza y/o algodón. El análisis de elementos reguladores permite identificar más del 80 % de variedades genéticamente modificadas.

Según el resultado de presencia/ausencia de los elementos, se continúa con la detección de las variedades posibles según el cribado con la identificación de los eventos incorporados. Un evento es el conjunto de genes insertados que confieren una característica determinada a la variedad modificada. En el LAC, la detección se realiza utilizando como diana la cadena de ADN denominada *evento específico*, es decir, una secuencia de ADN que incluye parte del genoma propio de la especie vegetal y parte del ADN insertado en la modificación. De esta forma, nos aseguramos de que detectamos el gen modificado y correspondiente a una especie vegetal concreta.



Secuencia analítica de OMG. Fuente: LAC.



Preparación de la PCR para el análisis de OMG. Foto: LAC.



Carga de muestras en un termociclador en tiempo real. Foto: LAC

Código de trabajo	Evento	P35s	T-nos	PAT	CP4epsps
1	Bt176 Maize (SYN-EV176-9)	Sí	No	No	No
2	Bt11 Maize (SYN-BT011-1)	Sí	Sí	Sí	No
3	MON810 Maize (MON-00810-6)	Sí	No	No	No
4	GA21 Maize (MON-00021-9)	No	Sí	No	No
5	NK603 Maize (MON-00603-6)	Sí	Sí	No	Sí
6	MON863 Maize (MON-00863-5)	Sí	Sí	No	No
7	TC1507 Maize (DAS-01507-1)	Sí	No	Sí	No
8	MIR604 Maize (SYN-IR604-5)	No	Sí	No	No
9	59122 Maize (DAS-59122-7)	Sí	No	Sí	No
10	MON88017 (MON-88017-3)	Sí	Sí	No	Sí
11	MON89034 (MON-89034-3)	Sí	Sí	No	No
G1	GTS-40-3-2 Soy (MON-04032-6)	Sí	Sí	No	No

Relación de los eventos transgénicos con la presencia/ausencia de elementos reguladores. Fuente: LAC.

\* El terminador tE9 no está presente en ninguno de los eventos incluidos en esta tabla.

Una vez detectados los eventos presentes, se pasa a la cuantificación.

#### 04.5 Cuantificación de OMG

La cuantificación permite establecer si el contenido en OMG se ajusta a la información declarada en la etiqueta del producto. Dado que la normativa específica que la cuantificación debe estar referida a cada ingrediente, la cuantificación que se realiza relativa, es decir, que los valores estarán referidos en porcentaje para cada especie vegetal presente. Por tanto, la cuantificación implica un análisis del gen insertado a determinar y un análisis de presencia del taxón (mediante genes endógenos propios de la especie correspondiente).

La escala de cuantificación se realiza con copias genómicas y se calcula mediante rectas de regresión con diluciones seriadas a partir de material de referencia certificado que relaciona los ciclos umbral (Ct o Cq) obtenidos en la qPCR y la concentración en copias. El cálculo final sería:

$$\% \text{ OMG} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de còpies del gen modificat (event)}}{\text{N}^\circ \text{ de còpies del gen endògen (taxó)}} \times 100$$

Actualmente, en el LAC se pueden cuantificar once variedades de maíz y una de soja.

El resultado del análisis cuantitativo debe

informar del porcentaje presente del evento modificado y de su incertidumbre y debe especificar sobre qué taxón está referido el porcentaje.

### 05. Conclusiones

Con los análisis de plaguicidas y de OMG se logra detectar cantidades muy bajas de analitos para comprobar que no se superaran los LMR y detectar la posible contaminación accidental, respectivamente, tal y como establece la normativa aplicable. Con estos controles se contribuye a la mejora de la calidad y la seguridad de los productos agroalimentarios.

#### Para más información

Reglamento (CE) n.º 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005, relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo.

Base de datos de plaguicidas [https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database\\_en](https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en)

EUR-Lex (2022) «Glosario de las síntesis de organismos modificados genéticamente (OMG)». Publicaciones en línea de la UE. Reglamento (CE) n.º 1829/2003 del Parlamento

Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.

<https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/gmome-thods/>. Web de los métodos validados y aprobados por la UE en el análisis de organismos genéticamente modificados.

<https://crm.jrc.ec.europa.eu/>. Web de los materiales de referencia certificados de la UE disponibles para el análisis de organismos genéticamente modificados.

#### Autoría



**Pilar Rodríguez Martínez**

Sección de Técnicas Cromatográficas. Laboratorio Agroalimentario. DACC. [prodriguezmartinez@gencat.cat](mailto:prodriguezmartinez@gencat.cat)



**Dr. Francesc García Figueres**

Responsable técnico de análisis de organismos modificados genéticamente. Laboratorio Agroalimentario. DACC. [fgarciafigueres@gencat.cat](mailto:fgarciafigueres@gencat.cat)

# LA ACREDITACIÓN EN LOS LABORATORIOS AGROALIMENTARIOS y el control oficial

## 01. Introducción

El creciente interés de los consumidores por la seguridad de los alimentos, junto con el aumento tanto de su poder adquisitivo como de la cultura gastronómica, han hecho que el mercado exija, tanto a las administraciones competentes como a los sectores productivos, mayores controles y más eficaces. Actualmente, para cualquier actividad de este sector (tanto en el ámbito reglamentario como en el voluntario) que implique la realización de actividades de evaluación de la conformidad, se plantea la acreditación como necesidad.

El sector agroalimentario es uno de los sectores en los que la acreditación de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) está más consolidada. La existencia de organismos acreditados (laboratorios y entidades de certificación e inspección) que evalúen la conformidad de los productos es fundamental tanto para los fabricantes como para la Administración: a los fabricantes les facilita el acceso al mercado global, ya que pueden demostrar de forma única, fiable y reconocida, tanto al consumidor nacional como al internacional, que sus productos cumplen los requisitos que les son aplicables, y a la Administración le ofrece garantías de seguridad e integridad de las actividades de evaluación de los productos.

## 02. ENAC y el sector alimentario

La acreditación de ENAC en el ámbito agroalimentario aporta la garantía de que determinados productos y servicios que salen al mercado reúnen unos requisitos de seguridad específicos y una serie de características diferenciales de calidad.

La Entidad Nacional de Acreditación es la entidad designada por el Gobierno para operar en España como único organismo nacional de acreditación, en aplicación del Reglamento (CE) n.º 765/2008 del Parlamento Europeo que regula el funcionamiento de la acreditación en Europa.

ENAC tiene como misión generar confianza en el mercado y en la sociedad mediante la evaluación, a través de un sistema conforme a normas internacionales,

de la competencia técnica de laboratorios de ensayo o calibración, entidades de inspección, entidades de certificación y verificadores medioambientales que desarrollen su actividad en cualquier sector: industria, energía, medio ambiente, sanidad, alimentación, investigación, desarrollo e innovación, transportes, telecomunicaciones, turismo, servicios, construcción, etc. Contribuye, así, a la seguridad y el bienestar de las personas, la calidad de los productos y servicios, la protección del medio ambiente y, por tanto, al aumento de la competitividad de los productos y servicios españoles y a una disminución de los costes para la sociedad debidos a estas actividades.

La marca ENAC es la forma de distinguir si un certificado o un informe está acreditado o no. Es la garantía de que la organización que la emite es técnicamente competente para llevar a cabo la labor que realiza, y lo es tanto en España como en los 100 países donde la marca ENAC es reconocida y aceptada gracias a los acuerdos de reconocimiento que ENAC ha suscrito con las entidades de acreditación de dichos países.



Balanza analítica. Foto: LAC.



Pesas certificadas. Foto: LAC.

## 03. El laboratorio acreditado, pieza clave en la seguridad alimentaria

El sector alimentario es un sector estratégico para la economía española. Por ello, los servicios de ensayo acreditados constituyen la herramienta más útil y potente para dar respuesta a los retos comerciales a los que se enfrenta continuamente con las mayores garantías. La realización de ensayos es clave en diferentes ámbitos, tales como la seguridad alimentaria o la exportación para la demostración por par-

te de los fabricantes y del resto de operadores alimentarios del cumplimiento de las especificaciones reglamentarias de la Unión Europea o de terceros países a los que se destinan las mercancías y productos agroalimentarios.

## Los laboratorios de análisis acreditados son esenciales para establecer y controlar la seguridad y la calidad de los productos alimenticios.

Los laboratorios de análisis acreditados son esenciales para establecer y controlar la seguridad y la calidad de los productos alimenticios, tanto en el ámbito voluntario de control de la producción como en el ámbito regulado de control oficial. La actividad de los más de 375 laboratorios acreditados por ENAC contribuye tanto a garantizar la seguridad de los alimentos como a comprobar unas características determinadas de cara a las posibles denominaciones de venta de los productos o a su clasificación en determinadas cualidades, y aporta a los diferentes agentes del sector (Administración, asociaciones profesionales, consejos reguladores, distribuidores, productores, centros tecnoló-

gicos...) servicios analíticos técnicamente competentes para una gran variedad de productos, técnicas y parámetros:

- Análisis fisicoquímicos: análisis composicionales de productos específicos como aceites, vino, leche, cereales, carne y derivados, piensos, análisis fisicoquímicos de aguas de consumo humano, aguas de riego, fertilizantes, suelos agrícolas, análisis de residuos de plaguicidas y veterinarios, determinación de compuestos orgánicos persistentes (PCB, HAP, dioxinas), de micotoxinas, metales pesados, etc.
- Análisis microbiológico de alimentos preparados para el consumo y de las materias primas, análisis de aguas de consumo; otros análisis más específicos como los relativos al control de salmonela en las etapas de la producción primaria (p. ej. heces, muestras ambientales), análisis para el control de la higiene en superficies de trabajo.
- Análisis de biología molecular: identificación de especies, análisis de productos transgénicos, detección e identificación de microorganismos.
- Análisis sensoriales como los realizados para detectar defectos (de olor, sabor o color) o para caracterizar sensorialmente determinados alimentos, o análisis sensoriales hedónicos realizados para establecer las preferencias de los consumidores.

- Ensayos de control y diagnóstico de enfermedades realizados por los laboratorios de sanidad animal para garantizar la salud de los animales y, por tanto, generar la confianza en los productos que se obtienen. La capacidad de diagnóstico y detección que proporcionan estos laboratorios es un elemento fundamental para hacer frente a las posibles crisis y alarmas sanitarias como las «vacas locas», la brucelosis, la salmonelosis, la triquinosis, el botulismo, la tuberculosis, el anisakis, el virus de la gripe A o la lengua azul.

## 04. Europa apuesta por la acreditación para el control de alimentos

La Unión Europea, principal mercado de los operadores alimentarios españoles, se ha dotado desde hace tiempo de un marco legal que establece un conjunto de reglas claras que pretenden prevenir, eliminar o reducir el nivel de riesgo para la salud humana en toda la cadena alimentaria, lo que incluye todos los procesos, productos y actividades relacionados con la producción y manipulación de los alimentos y piensos, e implica tanto a las autoridades competentes como a los operadores privados (productores, fabricantes, distribuidores, importadores, etc.).

Tras diseñar el sistema de control oficial de la cadena alimentaria, las autoridades europeas confían en la acreditación como una de las piezas fundamentales en su estrategia en este campo. Esto quedó patente en la exigencia establecida en el Reglamento (CE) n.º 882/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, en el que se establece la obligatoriedad de que las autoridades competentes solo designen para los controles oficiales a laboratorios acreditados, de acuerdo con la norma ISO/IEC 17025. Actualmente, la práctica totalidad de los laboratorios oficiales de las administraciones que realizan el control oficial en España están acreditados por ENAC. Adicionalmente, numerosos laboratorios privados acreditados participan en el control oficial en aplicación del citado Reglamento europeo.



Material de laboratorio. Foto: LAC.

La libre circulación de los productos agroalimentarios en la Unión Europea exige un elevado nivel de protección en ámbitos como la salud y la seguridad alimentaria, pero también en otras facetas como la protección del consumidor ante el fraude o el incumplimiento de las exigencias relativas a la calidad y el derecho a recibir una información veraz y correcta sobre los productos.

Todo esto motivó una modificación de la legislación europea y la publicación, en 2017, del nuevo Reglamento (CE) n.º 2017/625 relativo a los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la aplicación de la legislación sobre alimentos y piensos y de las normas sobre salud y bienestar de los animales, sanidad vegetal y productos fitosanitarios.

El nuevo Reglamento introdujo importantes novedades, tales como su ampliación a toda la cadena agroalimentaria, normas más específicas para abordar el fraude que incluyen la obligación de los Estados miembros de efectuar controles regulares, no programados y en función del riesgo, así como la aplicación de sanciones económicas proporcionales al beneficio económico o a un porcentaje de la cifra de negocio, y la creación de centros de referencia de la Unión Europea que velan por la integridad y autenticidad en toda la cadena alimentaria, entre otros.

---

La Comisión Europea confía en la acreditación como la única herramienta válida para demostrar la competencia técnica de los laboratorios que realizan controles oficiales.

---

También incorporó algunos cambios en las exigencias de la acreditación de las actividades de evaluación de la conformidad relativas a la vigilancia del mercado. De esta forma, la Comisión Europea sigue confiando en la acreditación como la única herra-

menta válida para demostrar competencia técnica, pero además ha introducido una mayor exigencia en relación con la acreditación de laboratorios.

Hasta ahora, para garantizar la fiabilidad y la coherencia de los controles a realizar, los laboratorios que efectuaban los análisis requeridos por los controles establecidos debían contar con la experiencia, el equipamiento, la infraestructura y el personal adecuado para llevarlos a cabo. Una exigencia que conserva el nuevo Reglamento de control oficial, que mantiene que dichos laboratorios deben estar acreditados según la norma EN ISO/IEC 17025, pero añade el requisito de que todos sus resultados analíticos estén cubiertos por la acreditación para proporcionar así la fiabilidad necesaria.



Material de laboratorio. Foto: LAC.



Registros de laboratorio. Foto: LAC.

Este incremento de las exigencias aparece reflejado en una serie de artículos dirigidos a la acreditación de laboratorios. Entre ellos, cabe destacar el apartado 5 del artículo 37, en el que la Comisión exige al laboratorio acreditar todos y cada uno de los métodos de análisis necesarios para realizar los controles que sean requeridos. Esta cláusula aclara mejor que el antiguo Reglamento el alcance de la acreditación, que siempre se refiere a los métodos de análisis empleados y no al laboratorio como organización.

## 05. Evitar riesgos en la cadena alimentaria

Cuando un operador o una empresa se plantea utilizar servicios de análisis para efectuar los controles requeridos y desea contar con las máximas garantías de competencia técnica, sin correr riesgos, debe optar por laboratorios acreditados, ya sean internos o externos, porque solo ellos han demostrado disponer de la competencia técnica necesaria para proporcionar a los operadores la agilidad y confianza que piden los clientes y el mercado internacional. Además, la acreditación y el uso de evaluadores acreditados apoyan a las empresas alimentarias contra potenciales reclamaciones de responsabilidad.

Por último, esto se traduce en seguridad para los consumidores, que pueden confiar en los productos y servicios amparados por informes y certificados acreditados, ya que los acuerdos internacionales de acreditación aseguran que cumplen las normas de calidad y seguridad independientemente del país de origen.

## Autoría



**Elisa Gredilla Zazo**

Jefa del Departamento  
Agroalimentario y de Buenas  
Prácticas de Laboratorio de la  
Entidad Nacional de Acreditación  
(ENAC)  
egredilla@enac.es

# DATOS Y ESTADÍSTICAS

## de resultados

### 01. ¿Qué hay que saber del Laboratorio Agroalimentario?

El Laboratorio Agroalimentario (LAC) participa en distintos sectores de actividad. Estos pueden englobarse en la calidad de los alimentos (su caracterización, composición, origen y autenticidad) o en la seguridad de los alimentos (la microbiología, los contaminantes naturales y las sustancias indeseables, las sustancias químicas permitidas y sus límites máximos o las sustancias prohibidas). También participa en el campo medioambiental a través de los análisis para la elaboración de mapas de riesgo de incendio.

Para conocer con mayor profundidad la actividad analítica que se desarrolla en el LAC, en los siguientes apartados se describe la oferta de servicios, la tipología de productos y muestras que analiza, las técnicas que aplica y las determinaciones analíticas. Asimismo, se expone cuáles son los planes de control en los que participa y se detallan los principales usuarios del servicio.

### 02. ¿Qué hace? ¿Para quién trabaja? Planes de control y sectores de actividad

Los servicios analíticos del LAC vienen de-

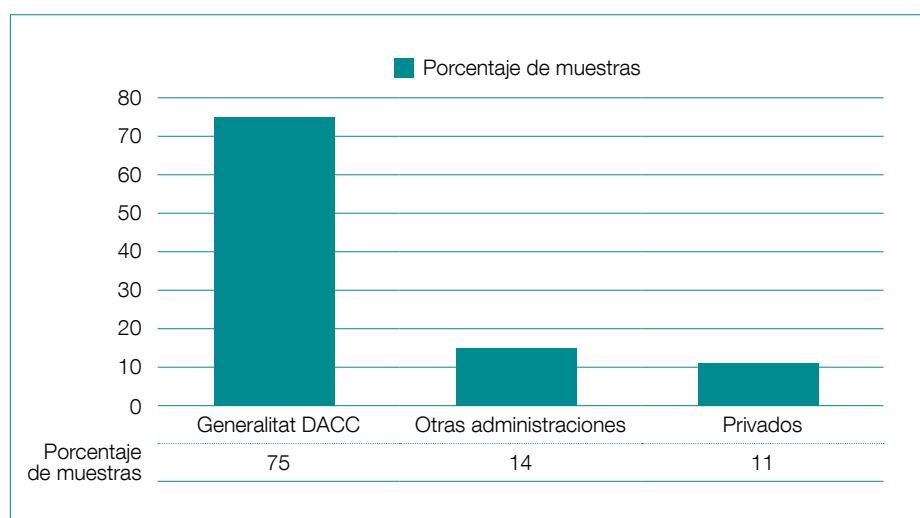
terminados por el marco normativo de la Unión Europea y en el ámbito estatal se establecen en el Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria.

En la tabla 2 se describen los planes y programas de control, los usuarios, los tipos de controles, los tipos y número de muestras y las determinaciones analíticas realizadas.

Los servicios analíticos del LAC vienen determinados por el marco normativo de la Unión Europea, que se establecen en el Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria.

Usuarios		N.º de muestras	Porcentaje de muestras	N.º de usuarios	Porcentaje de clientes
Sector público	Generalitat de Catalunya	5.106	75	23	32
	Otras administraciones	927	14	28	39
	Subtotal	6.033	89	51	71
Sector privado		743	11	21	29
<b>Total</b>		<b>6.776</b>	<b>100</b>	<b>72</b>	<b>100</b>

**Tabla 1.** Número de muestras según clasificación de usuarios. Datos del año 2021. Fuente: LAC.



**Figura 1.** Porcentaje de muestras analizadas según su origen. Dato medio de los últimos tres años. Fuente: LAC.

En la tabla 1 y en la figura 1 se puede ver el detalle y la representación gráfica de las muestras analizadas según el origen y la tipología de usuario del servicio del LAC.

Aparte del control normativo de los productos agroalimentarios, el LAC, en el marco de sus funciones, realiza otras actividades ya descritas en el artículo «El papel del Laboratorio Agroalimentario en los controles oficiales».

### 03. ¿Qué tiene acreditado según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017?

La acreditación de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, relativa a los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración del LAC, entró en vigor el 19 de febrero de 1999 y tiene el número 157/LE309.

Plan de control	Usuario/Ciente	Tipo de control	Tipo de muestra	N.º de muestras	Determinaciones analíticas
Plan de Inspección y Control Oficial de la Calidad y Lucha contra el Fraude Agroalimentario	Subdirección General de la Inspección y Control Agroalimentario DACC	Naturaleza Identidad Composición Especie Origen Calidad	Alimentos	150-200	Las que determinen la conformidad o no de las muestras con las características reglamentarias de los productos
Plan de investigación de residuos en alimentos en Cataluña	Servicio de alimentación animal y seguridad de la producción ganadera DACC	Uso ilegal de sustancias en la cría de los animales destinados a consumo humano Uso correcto de medicamentos veterinarios	Piensos Orina animal Aguas de bebida para animales Pelo animal Peces, crustáceos, moluscos y derivados	2.000-2.500	Beta-agonistas Hormonas y lactonas Cloramfenicol Corticosteroides Estilbenos Antimicrobianos Metales pesados: Hg
Programa de control oficial de la alimentación animal	Servicio de alimentación animal y seguridad de la producción ganadera DACC	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente	Piensos y sus materias primas (incluye aditivos y premezclas)	750-1.100	Componentes de origen animal: derivados de animal terrestre, derivados de pescado, ADN rumiante Sustancias indeseables: metales pesados; contaminantes inorgánicos y compuestos nitrogenados; plaguicidas organoclorados; micotoxinas; toxinas vegetales inherentes; coccidiostáticos. Aditivos: antioxidantes; vitaminas; oligoelementos; urea; coccidiostáticos. Sustancias medicamentosas: autorizadas, no autorizadas Microorganismos Antimicrobianos Composición nutricional Macrominerales OGM Plaguicidas
Control oficial de la higiene y uso de productos fitosanitarios	Servicio de Sanidad Vegetal DACC	Adecuación a los requisitos normativos, de uso sostenible, de productos fitosanitarios	Frutas, verduras, cereales, legumbres, frutos secos, flores, hojas, troncos Sustratos de cultivo Difusores de feromonas Aguas de riego	400-500	Plaguicidas, feromonas
Plan de vigilancia de la comercialización de productos fitosanitarios	Servicio de Sanidad Vegetal DACC	Control de establecimientos donde se fabrican, almacenan o comercializan productos fitosanitarios	Formulados fitosanitarios Caldos de aplicación de formulados fitosanitarios	15-20	Plaguicidas
Programa de Seguimiento de la Calidad de las Aguas y Mares en las Zonas de Producción de Cataluña	IRTA DG Pesca DACC	Vigilancia de la contaminación Adecuación a los requisitos normativos	Peces, crustáceos, moluscos y derivados	25-50	Metales pesados: As, Cd, Pb, Hg, Ni, Cu, Zn, Cr, Mn
Plan de Actuaciones en Materia de Control y Difusión del Consumo Seguro de Productos Agroalimentarios	Agencia Catalana del Consumo	Naturaleza Identidad Composición Especie Origen Calidad	Alimentos	80-120	Las que determinen la conformidad o no de las muestras con las características reglamentarias de los productos
Plan de prevención y lucha contra incendios	Servicio de Prevención de Incendios Forestales DACC	Evaluación del peligro de incendios forestales	Material vegetal	500-600	Humedad Relación humedad / materia seca
Plan de higiene en las explotaciones agrícolas	Servicio de Sanidad Vegetal Servicio de Ordenación Agrícola DACC	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente	Frutas, verduras y hortalizas Aguas	200-240	Salmonela <i>E. coli</i> <i>Listeria monocytogenes</i>
Proyecto Fruit.Net	IRTA-Fruitcentre Lleida IRTA-Mas Badia Girona DACC	Optimización del control de plagas y enfermedades y del uso de productos fitosanitarios en el ámbito de la producción de fruta Determinación del período de presencia y el nivel de residuos de productos fitosanitarios aplicados en pre-cosecha	Fruta (melocotón, nectarina, pera, manzana)	100-150	Ác. fosfónico, acequinocilo, acetamiprid, AMPA, bupirinato, ciflutrin, ciprodinil, deltametrina, difenoconazol, ditiana, EPA, espiroclorfenol, espirotetramato, etefón, etoxazol, fenbuconazol, fludioxonil, fluopriam, fluvalinato, fluxaproxad, foseetil, foseetil de aluminio, glifosato, glufosinato, glufosinato amónico, isopyrazam, kresoxim-metil, L-cihalotrina, miclobutanil, MPP, NAG, pentiopirad, pimetrozina, piretrinas naturales, pirimetanil, spinetoram, sulfoxaflor, tebuconazol, tiacloprid, multiresiduos de plaguicidas
Proyecto Horta.net	IRTA DACC	Desarrollo de sistemas de producción sostenibles relacionados con la mejora de la protección ante plagas, enfermedades y malas hierbas	Huerta (tomate, lechuga)	8-10	Multiresiduos de plaguicidas Spiromesifen Spinosin A Spinosin D Spinosad



Plan de control	Usuario/Ciente	Tipo de control	Tipo de muestra	N.º de muestras	Determinaciones analíticas
Programa de fertilización agrícola	Servicio de suelos y gestión medioambiental de la producción agraria	Mejora de la fertilización agrícola y gestión de la materia orgánica	Material vegetal (pastos, forrajes, materias primas para alimentación animal) Aguas de uso agrícola Suelos y sustratos de cultivo Purines	140-170	N, P, K Calidad forrajera (MS, cenizas, almidón, EE, FB, FAD, FND, LAD, digestibilidad, PB, PD, ENL, UFL, P, Ca, P, Mg) Microbiología: <i>E. coli</i> , salmonela, listeria Micotoxinas: aflatoxina (B1, B2, G1, G2, ocratoxina A, zearalenona)
Plan de control de productos fertilizantes	Servicio de suelos y gestión medioambiental de la producción agraria DACC	Control del cumplimiento de la normativa vigente (riqueza nutritiva declarada, etiquetado y envasado)	Fertilizantes	20-30	Composición fertilizantes
Programa de mejora de la calidad de los aceites de oliva virgen con DOP catalanas	"IRTA - Mas Bové DACC"	Mejora tecnológica de la producción oleícola de los molinos y de los controles y la calidad de los aceites para potenciar la proyección y presencia de los aceites de las DOP catalanas en los mercados nacionales e internacionales	Aceites de oliva	200-250	Parámetros de calidad: grado de acidez, índice de peróxidos, K232, K270 Humedad y materias volátiles Impurezas insolubles Polifenoles Esteres etílicos y metílicos de los ácidos grasos Esteroles Ceras Valoración organoléptica
Control de calidad de aceites de oliva virgen	Empresas, cooperativas, DOP	Análisis organoléptico: de certificación descriptiva	Aceites de oliva	1.400-1.600	Análisis organoléptico de clasificación (categoría del aceite y terminología opcional para el etiquetado) Informe descriptivo: atributos positivos y defectos
Programa nacional Plan de Vigilancia y Control del Cultivo Comercial de OGM Plan de vigilancia y control de semillas de OGM	Servicio de Ordenación Agrícola DACC	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente	Hojas de maíz y soja Semillas de maíz y soja Colza y algodón	35-55	OGM
Estudios epidemiológicos de salud pública	IRTA-CRESA	Serotipado de salmonela para la obtención de datos genéticos de perfiles de ADN de cepas de salmonela y para la producción de autovacunas en granjas	Cepas de salmonela Hisopo cloacal de gaviota Cepa de hisopo cloacal de gaviota Hisopo cloacal skua Heces de jabalí Heces de lagartijas	20-80	Serotipado de salmonela spp
Plan de Controles por Concesión de Ayudas al Lino Textil y al Cáñamo	Servicio de control integrado y pagos Servicio de ordenación agrícola DACC	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente	Cáñamo	10-15	Δ <sup>9</sup> -tetrahidrocannabinol (THC)
Plan de controles de importaciones Puntos de inspección fronterizos península Ibérica	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente	Piensos y sus materias primas	700-800	Plaguicidas, micotoxinas, metales pesados (As, Cd, Pb, Hg), óxido de zinc, flúor, nitritos, microbiología (salmonela, enterobacterias)
Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria Designación LAC	Gobierno de las Islas Baleares Junta de Andalucía Xunta de Galicia Gobierno de Aragón Gobierno de Cantabria Gobierno de La Rioja Gobierno de Navarra Junta de Castilla y León	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente Uso ilegal de sustancias en la cría de los animales destinados a consumo humano Uso correcto de medicamentos veterinarios	Piensos y sus materias primas Frutas, verduras y hortalizas	900-1.100	Residuos de plaguicidas Metales pesados (As, Cd, Pb, Hg) Óxido de zinc Nitritos Flúor Aditivos Etóxiquina Micotoxinas Microbiología ADN de rumiante Harinas derivadas de animal terrestre Harinas derivadas de pescado Sustancias medicamentosas autorizadas y no autorizadas Antimicrobianos (sulfamidas, tetraciclinas) beta-agonistas OGM
Control de la calidad de los zumos de fruta envasados y con destino gratuito a los bancos de alimentos	Sección de Industria, Comercio y Regulación de Mercados Agroalimentarios de Lleida	Verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa vigente	Zumos de fruta (nectarina, melocotón, naranja, clementina)	10-20	Residuos de plaguicidas Microbiología ( <i>E. coli</i> , salmonela, recuento de aerobios mesófilos totales, recuento de anaerobios, recuento de hongos y levaduras) Metales pesados (As, Pb) Acidez Grados Brix
Certificados de exportación a terceros países	Empresas	Requisitos de importación de país tercero destinatario	Aditivos y materias primas para alimentación animal	100-150	Microbiología ADN de rumiante OGM

Tabla 2. Planes y programas de control en los que participa el LAC. Fuente: LAC.

Su alcance, recogido en el anexo técnico en vigor y consultable en la página web tanto de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) como del Departamento, prevé:

- Ensayos fisicoquímicos de aceites de oliva y de aceites de orujo de oliva para las características de calidad y pureza y valoración organoléptica de los aceites de oliva virgen.
- Microbiología
  - análisis microbiológicos mediante métodos basados en técnicas de aislamiento en medio de cultivo
  - serotipado de cepas
- Análisis físicos:
  - conservas vegetales
  - arroz blanco
  - formulados fitosanitarios
- Microscopía:
  - análisis mediante métodos basados en técnicas ópticas
- Técnicas PCR:
  - análisis de OGM mediante métodos basados en técnicas PCR
  - detección de ADN
- Análisis fisicoquímicos mediante métodos basados en técnicas:
  - gravimétricas y volumétricas
  - ópticas
  - de espectroscopia molecular
  - de espectrometría atómica
  - de cromatografía líquida
  - de cromatografía de gases
- Análisis sensorial descriptivo.

En el anexo técnico del alcance de acreditación se especifica el producto o material de ensayo, la identificación del ensayo (técnica y rango de trabajo) y la norma o procedimiento.

El LAC también cuenta con el alcance de acreditación flexible conforme a la Nota Técnica 19 de ENAC, relativa a la acreditación de análisis de residuos de plaguicidas en productos agroalimentarios (abierto a matrices y cerrado a analitos); y el alcance flexible conforme a la Nota Técnica 18 de ENAC, relativa a la acreditación por categorías de ensayo por la determinación de plaguicidas en formulados fitosanitarios. En ambos casos, dispone de la lista de ensayos cubiertos por la acreditación (LPE y LEBA, respectivamente).

Las modalidades de alcance de acreditación cerrado y abierto o flexible se diferencian en que, en el primer caso, el ENAC debe auditar y evaluar los procedimientos de análisis antes de que el LAC pueda emitir resultados acreditados.

En el alcance abierto o flexible, el LAC gestiona su propio alcance de acreditación. La competencia técnica en el desarrollo y la validación de nuevos métodos de ensayo permite al LAC emitir resultados acreditados antes de ser auditado/evaluado.

Como dato relevante, cabe destacar que más del 84 % de los resultados analíticos emitidos por el LAC están amparados por la acreditación de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

En cuanto a otras acreditaciones o reconocimientos, destaca el reconocimiento del Consejo Oleícola Internacional (COI) para el periodo del 1 de diciembre de 2021 al 30 de noviembre de 2022, tanto del tipo B fisicoquímico como el sensorial.

Este reconocimiento obtenido por el LAC y el Panel de Cata Oficial de Aceites Vírgenes de Oliva de Cataluña implica poder ser llamados por el propio COI para intervenir en caso de procesos de litigio o disputas en

transacciones internacionales en las que se usa el procedimiento de arbitraje del COI.

También es destacable el sistema de gestión medioambiental basado en la norma UNE-EN ISO 14001 implantado en el LAC, que tiene como objetivo contribuir a la sostenibilidad y por el que ha adoptado los siguientes compromisos ambientales:

- El cumplimiento de toda la reglamentación ambiental.
- La protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación.
- El uso eficiente de los recursos naturales (consumos energéticos, de agua y otros recursos naturales).
- La mejora de la gestión de los residuos generados.
- El cumplimiento de la norma internacional UNE-EN ISO 14001.

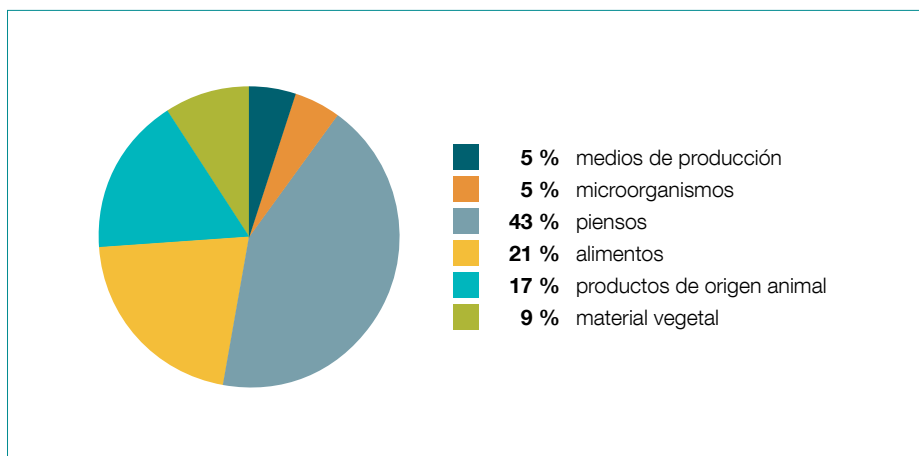
#### 04. ¿Qué tipos de productos analiza?

Los productos que analiza el LAC pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

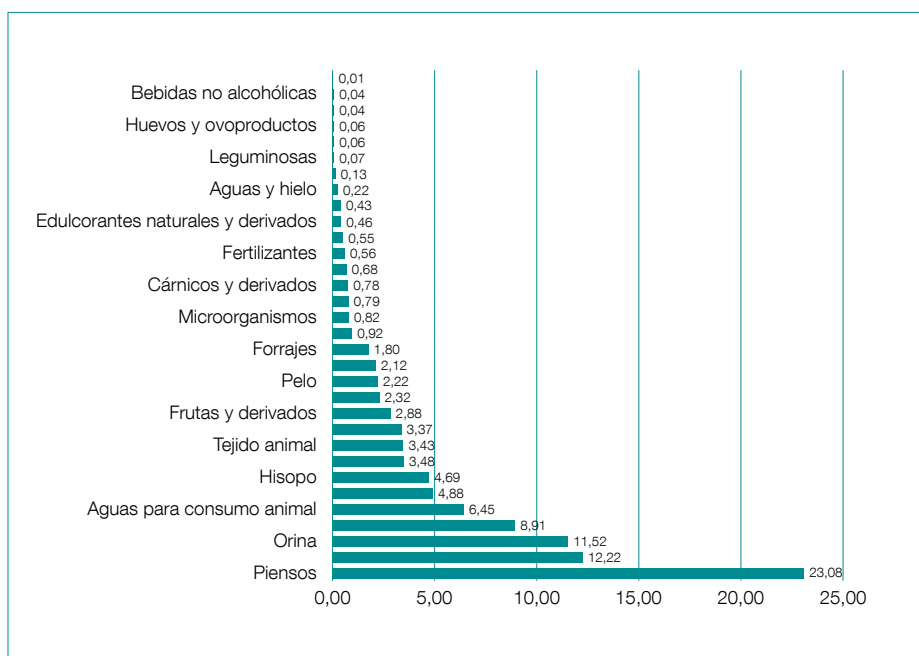
- Alimentos
- Medios de la producción
- Piensos
- Otros productos de origen animal

Alimentos		
Aguas y hielo	Condimentos y especias	Hortalizas y verduras
Alimentos estimulantes	Helados	Leche y derivados
Bebidas alcohólicas	Conservas animales y vegetales	Grasas comestibles
Bebidas no alcohólicas	Edulcorantes naturales y derivados	Huevos y ovoproductos
Carnes y derivados	Harinas y derivados	Tubérculos y derivados
Cereales y derivados	Frutas y derivados	Leguminosas
Medios de producción	Piensos	Productos de origen animal
Aguas de uso agrícola	Materias primas	Orina
Aguas para consumo animal	Aditivos	Pelo
Forrajes	Premezclas	Tejido animal
Fertilizantes	Piensos compuestos	Vísceras
Formulados fitosanitarios		Otros
Material vegetal		
Sustratos de cultivo		

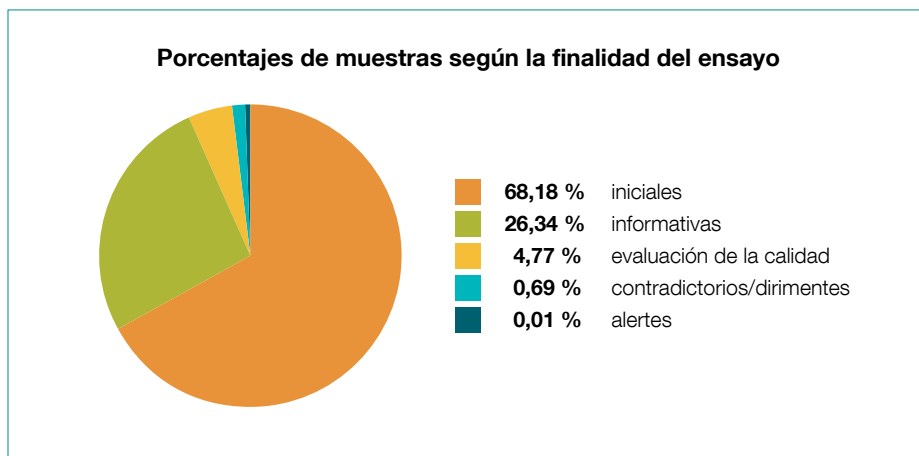
Tabla 3. Productos analizados en el LAC. Fuente: LAC.



**Figura 2.** Porcentaje de muestras analizadas por grupos de clasificación de producto. Datos medios de los últimos tres años. Fuente: LAC.



**Figura 3.** Porcentaje de muestras analizadas por tipos de producto. Datos medios de los últimos tres años. Fuente: LAC.



**Figura 4.** Porcentaje de muestras analizadas según finalidad del ensayo. Datos medios de los últimos tres años. Fuente: LAC.

La tabla 3 detalla los productos que se analizan para cada grupo y la figura 2 muestra los porcentajes de muestras analizadas por grupos de productos durante los últimos tres años.

### 05. ¿Qué tipos de muestras analiza?

El porcentaje de muestras analizadas según el detalle de clasificación de producto se describe en la figura 3.

Las muestras que analiza el LAC según la finalidad del ensayo pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Iniciales (procesos de inspección y control. Aleatorio, dirigido, por sospecha)
- Informativas (prospectivas, de estudios, de proyectos, para emitir certificados de exportación)
- De evaluación de la calidad de los ensayos (control propio interno o externo)
- Contradictorias/dirimentes (procesos de inspección y control. Aleatorio, dirigido, por sospecha)
- Provenientes de alertas (partidas inmovilizadas, dirigidas, por sospecha)

### 06. ¿Qué técnicas de análisis aplica?

El LAC no está especializado en una única técnica, sino que la labor analítica es muy variada y aplica varias técnicas.

El equipo analítico instrumental necesario para la aplicación de las diversas técnicas es amplio y diverso, tal y como se explica en el artículo «Los laboratorios del DACC. Infraestructura, medios técnicos y recursos».

### 07. ¿Qué parámetros y determinaciones analiza?

Actualmente, el LAC tiene en servicio una amplia oferta analítica, que prevé 1.396 determinaciones analíticas distintas. En los últimos tres años, la media de determinaciones analizadas por muestra ha sido de diez, y en cada muestra que se analiza se aplican entre cuatro y seis métodos diferentes.

Los grandes grupos de determinaciones analíticas que el LAC tiene en su oferta de servicios se detallan a continuación:

- Requisitos de calidad de conservas (p. ej.: defectos, calibre)
- Requisitos de calidad del arroz (p. ej.: defectos, tamaño)
- Caracterizaciones físicas (p. ej.: peso neto, volumen neto)
- Componentes mayoritarios (p. ej.: grasa, proteína, fibra, azúcares)
- Componentes minoritarios (p. ej.: cenizas, impurezas, alcoholes)
- Componentes minerales (p. ej.: Ca, Cu, Fe)
- Metales pesados (p. ej.: As, Cd, Hg, Pb)
- Aditivos y vitaminas (p. ej.: ácido ascórbico, sulfitos, nitritos, vitamina C, vitamina E)
- Microorganismos (p. ej.: salmonela, listeria, enterobacterias)
- Organismos modificados genéticamente (p. ej.: análisis cualitativos de genes endógenos, detección de elementos reguladores para el cribado de OMG, análisis cuantitativos de OMG)
- Antimicrobianos (p. ej.: antibióticos, cocciostáticos)
- $\beta$ -agonistas y  $\beta$ -antagonistas (p. ej.: clenbuterol, clempropol)
- Hormonas y corticoesteroides (p. ej.: estradiol, dexametasona)
- Contaminantes naturales (p. ej.: micotoxinas, gosispol)
- Formulados fitosanitarios (p. ej.: glifosato, Folpet, 2,4D, fosmet)
- Residuos de plaguicidas (p. ej.: organoclorados, organofosforados)

### 08. Resultados. ¿Cómo se interpretan?

Los laboratorios agroalimentarios seleccionan los métodos adecuados y capaces de cumplir con los requisitos del cliente, tal y como establece la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, de obligado cumplimiento y acreditación para aquellos laboratorios que intervinen en el control oficial.

Los métodos que se aplican deben ser aptos para el uso previsto, pertinentes para las necesidades del cliente y coherentes con los requisitos especificados.

En este sentido, el LAC, previa validación del

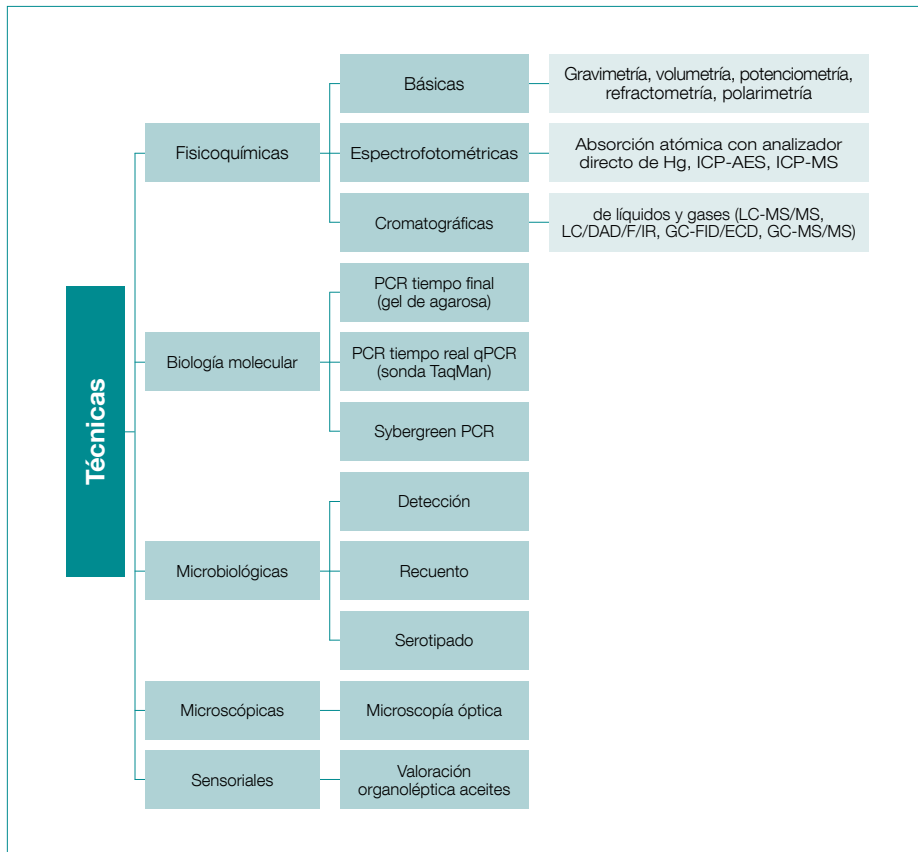


Figura 5. Técnicas de trabajo en el LAC. Fuente: LAC.

método y el establecimiento de sus controles de calidad, debe asegurarse de que conoce la norma de aplicación para que el cliente pueda hacer una correcta interpretación del resultado (p. ej.: tolerancias, límites de especificación, límites máximos, LMR, etc.).

Los resultados deben suministrarse de forma exacta, clara, inequívoca y objetiva en el informe de resultados. El informe de resultados debe incluir toda la información acordada con el cliente y la necesaria para la interpretación de los resultados, así como toda la información exigida en el método utilizado.

Así pues, a título de ejemplo, cuando el LAC realiza los análisis para el control de los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas en productos vegetales, debe asegurarse de que conoce y controla la normativa específica y que el método de análisis que aplica es exacto y preciso en el límite de cuantificación, que debe ser igual o inferior al LMR. El plaguicida clortalonil en trigo tiene un LMR de 0,01 mg/kg y, por tanto, el límite de cuantificación del método de análisis debe ser igual o inferior a 0,01 mg/kg.

El resultado cuantitativo de una muestra analizada debe incluir el valor de la incertidumbre para poder realizar una correcta interpretación y saber si cumple o no el LMR establecido. La definición de incertidumbre según la norma ISO 3534-1 es «una estimación unida al resultado de un ensayo que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se afirma que está el valor verdadero».

Para poder realizar una correcta interpretación del cumplimiento de una especificación, hay que tener en cuenta el valor del resultado obtenido y la incertidumbre asociada.

A continuación, en la figura 6 pueden verse gráficamente, con un ejemplo de LMR de residuos de plaguicidas, las posibilidades de interpretación del resultado analítico.

Quien realiza la interpretación del resultado y, por tanto, del cumplimiento o la conformidad de la muestra respecto a la especificación, teniendo en cuenta la incertidumbre del método, es la unidad promotora del control oficial. En ese caso, el LAC no lo tiene establecido en sus funciones.



Espectrofotómetro ICP-OES. Foto: LAC.

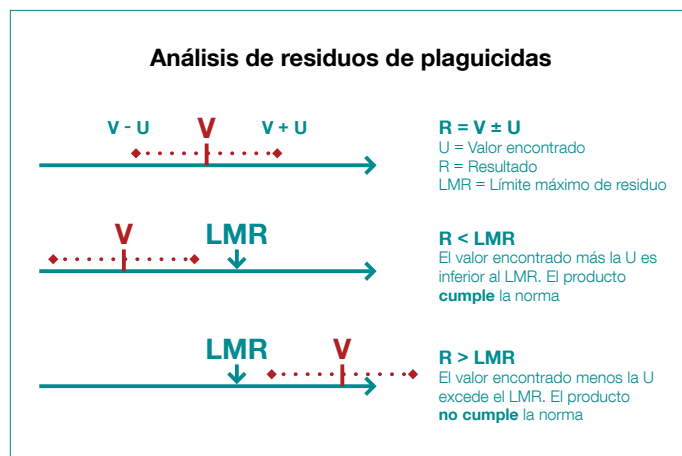


Figura 6. Interpretación de un resultado analítico según el LMR establecido. Fuente: LAC.

El ejemplo de los residuos de plaguicidas es extrapolable a otras muchas determinaciones analíticas en las que el LAC participa. Los contaminantes en los productos alimenticios, como los metales pesados, las micotoxinas y los nitratos, también tienen establecidos límites reglamentarios. Lo mismo ocurre con los organismos modificados genéticamente y los aditivos para alimentación humana o animal, etc.

Por último, cabe decir que el LAC no recibe la información de retorno de los clientes del cumplimiento o no de las especificaciones de los resultados emitidos y relativos a los planes de control en los que participa.

Para más información, es necesario recurrir a las memorias y otros documentos específicos que tratan sobre los resultados de los planes de control oficial.

### Para más información

Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria (mapa.gob.es)

Agri-Food Fraud Network (europa.eu)

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (gencat.cat)

Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria | Trusted science for safe food (europa.eu)

Introducción. Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural (gencat.cat)

Memoria del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación 2019 (gencat.cat)

Alcance de la acreditación del Laboratorio Agroalimentario: Búsqueda por empresa - Portal ENAC

NT 18 de ENAC y NT 19 de ENAC: Documentos de acreditación - Portal ENAC

Información del Laboratorio Agroalimentario del web del DACC. Garantía de Calidad. Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural (gencat.cat)

Norma ISO 3534-1

Reglamento (CE) n.º 1831/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios

Reglamento (UE) n.º 574/2011 de la Comisión, de 16 de junio de 2011, con respecto a los contenidos máximos de nitritos, melamina y Ambrosia spp.

Reglamento (CE) n.º 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios

Reglamento (CE) n.º 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente

Legislación LMR plaguicidas: EU legislation on MRLs (europa.eu)

SANTE/12682/2019 Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed

Los métodos que se aplican deben ser aptos para el uso previsto, pertinentes para las necesidades del cliente y coherentes con los requisitos especificados.

Para poder realizar una correcta interpretación del cumplimiento de una especificación, hay que tener en cuenta el valor del resultado obtenido y la incertidumbre asociada.

### Autoría



**Mireia Medina Sala**

Jefa de servicio del Laboratorio Agroalimentario. DACC.

mireia.medinasala@gencat.cat

# LAS ALIANZAS.

## Proyectos de investigación y desarrollo e innovación. Técnicas emergentes

### 01. Importancia de las alianzas con la academia como fuente de conocimiento necesario para un laboratorio de control oficial

El control alimentario es esencial para proteger al consumidor y mantener su confianza en la cadena alimentaria, así como para garantizar prácticas justas en el comercio de alimentos. Debido a la globalización, la cadena de suministro alimentario a menudo es larga y compleja, y los rápidos avances de la tecnología alimentaria generan un abanico de nuevos alimentos cuyas características pueden diferir de los convencionales. Esta situación dificulta el control y la detección de posibles desconformidades, lo que aumenta la probabilidad de alertas y crisis alimentarias relacionadas con la falta de inocuidad o el fraude.

La Administración pública, que debe velar por el cumplimiento de la autenticidad y la seguridad alimentaria, necesita que sus organismos de control

dispongan de estrategias eficaces para hacer frente a estos nuevos retos. Por eso, la investigación en el análisis de los alimentos y en las nuevas tecnologías juega un papel muy importante en el control alimentario, y los sistemas de control deben mantenerse actualizados, con la incorporación de los últimos avances tecnológicos y metodológicos. Las técnicas emergentes basadas en recientes desarrollos instrumentales, como las técnicas cromatográficas y las de espectrometría de masas, junto con las estrategias innovadoras de análisis de datos, proporcionan una serie de ventajas que pueden aumentar la eficiencia y efectividad de los controles alimentarios. Por un lado, permiten obtener una información mucho más exhaustiva sobre el alimento que las técnicas convencionales, a menudo con un nivel de sensibilidad muy superior, o con un abanico más amplio de analitos en el mismo análisis. Estas técnicas suelen requerir un menor tratamiento de la muestra con ahorro de tiempo y reac-

tivos, lo que posibilita su aplicación en programas de cribado capaces de abarcar muestreos de grandes dimensiones y más representativos de la producción real. Sin embargo, la instrumentación, el tiempo y los recursos para la optimización de estos métodos no están siempre al alcance de los laboratorios de control, dedicados en gran medida a dar respuesta a la demanda de análisis oficiales.

Así pues, una condición esencial para lograr de forma eficiente el control de los productos agroalimentarios es la cooperación entre los diversos actores implicados en la cadena alimentaria y, en particular, entre los organismos de control y los organismos de investigación, que pueden ayudar a los laboratorios a hacer frente a alertas sanitarias excepcionales o a fortalecer el control complementándolo con métodos de cribado. La sinergia entre el conocimiento en campo analítico y tecnológico generado por la investigación y la experiencia y competencia de



Análisis de residuos de medicamentos veterinarios en el LAC. Fuente: LAC.

La sinergia entre el conocimiento generado por la investigación y la experiencia y competencia de los laboratorios de control oficial facilitan la identificación y resolución de los problemas existentes y emergentes relacionados con la seguridad alimentaria y la prevención del fraude.

los laboratorios de control en cuanto a los procedimientos de control oficial y a las necesidades del sector alimentario facilitan la identificación y resolución de los problemas existentes y emergentes relacionados con la seguridad alimentaria y la prevención del fraude.

### 01.01 Promotores de los proyectos de investigación y priorización de las líneas de investigación

En el ámbito europeo, estatal y autonómico, la investigación en seguridad, trazabilidad y autenticidad alimentaria sigue unas prioridades marcadas tanto por las administraciones, que en sus planes estratégicos identifican las líneas clave en este ámbito, como por el sector privado, atento a prevenir situaciones que puedan comprometer su competitividad e imagen. La financiación a la investigación se concentra, por tanto, en las prioridades identificadas por estos agentes, mediante fondos privados, públicos y mixtos. Más allá de la investigación privada, realizada habitualmente en los departamentos de investigación y desarrollo de las empresas o en colaboración entre empresa y academia, los gobiernos promueven la investigación mediante subvenciones a universidades, centros de investigación y centros tecnológicos, generalmente en forma de proyectos competitivos. Algunos de estos fondos también cofinancian proyectos colaborativos público-privados. La seguridad alimentaria y la lucha contra el fraude se incluyen entre los objetivos europeos y nacionales; en particular, el actual presupuesto de la UE (2021-2027) refleja entre sus prioridades la mejora de la eficacia, la eficiencia y la fiabilidad de los controles oficiales a lo largo de la cadena alimentaria con el objetivo de garantizar la correcta implementación y cumplimiento de las normas de la UE en este ámbito [1].

En este sentido, los centros de investigación son expertos en el funcionamiento y la gestión de los programas de innovación tecnológica y de investigación estatal y europea, de modo que las alianzas

entre laboratorios de control y la academia pueden contribuir a acercarlos a los laboratorios de control.

### 01.02 Transmisión de conocimiento

La transferencia de conocimiento, entendida como la transmisión del conocimiento científico y tecnológico generado en las universidades hacia el sector productivo y administrativo, es enriquecedora para las partes implicadas y, por tanto, beneficiosa para la sociedad, a la que se dirigen los resultados de estas interacciones. Junto con las actividades académicas y de investigación, la transferencia es parte integrante de la misión de las universidades. Por ello, el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación (PEICTI) 2021-2023* fija entre sus objetivos facilitar la transferencia de conocimiento e incrementar las capacidades de divulgación y comunicación de I+D+i en la sociedad.

En el caso de las alianzas entre laborato-

### La transmisión del conocimiento científico y tecnológico generado en las universidades hacia el sector productivo y administrativo es enriquecedora para las partes implicadas y, por tanto, beneficioso para la sociedad.

rios de control y centros de investigación, dicha transferencia consigue aumentar el valor de los resultados de la investigación dotándolos de aplicación práctica y puede representar una fuente significativa de innovaciones y mejora de las prestaciones de los laboratorios. A diferencia de la transferencia de conocimiento entre universidad y empresa, caracterizada por actividades I+D contratadas, licencia de patentes y otros objetos de propiedad intelectual vinculada a una cadena de va-

lor, la transferencia entre la academia y los órganos de control públicos se centra en actividades de interés público. Esta se puede regir por convenios de colaboración como el que se firmó en 2016 entre la Universidad de Barcelona, mediante el Campus de la Alimentación de Torribera, y el Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya, enfocado tanto a la actividad de asesoramiento como a la actividad de colaboración entre la Universidad y el Laboratorio Agroalimentario en proyectos estratégicos y cooperación en la docencia. Este convenio surge de las colaboraciones que históricamente el Laboratorio Agroalimentario había realizado con la Universidad de Barcelona, mediante la Facultad de Farmacia y la Facultad de Química.

Entre las diferentes áreas de actuación, la cooperación educativa entre estas entidades puede tener un importante retorno en la sociedad. Por un lado, el hecho de que se establezcan programas de prácticas externas y que se ofrezcan plazas a estudiantes para realizar trabajos de fin de grado o máster en diferentes unidades del Laboratorio Agroalimentario permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos y prácticos contenidos en los planes de estudios y contribuye a completar su formación para que puedan incorporarse al mundo laboral en el sector agroalimentario con mayores posibilidades de éxito. La adquisición de habilidades profesionales mediante la combinación de su formación académica y su práctica profesional representa una mejora de la capacidad formativa y facilita la inserción laboral de los estudiantes. Por otra parte, las tareas desarrolladas por los estudiantes durante el programa de prácticas a menudo son de interés para el Laboratorio, que en este contexto puede disponer de personas formadas y con la dedicación suficiente para abordar actividades de innovación que no serían compatibles con las actividades de rutina. Estos estudiantes, además, cuentan con el apoyo científico de los tutores académicos, que pueden ayudar en aspectos técnicos específicos.



Workshop Aceite de Oliva 2019. Foto: LibiFood.

La transmisión de conocimiento también abarca actividades de divulgación de conocimiento orientadas a los sectores productivos, a la comunidad científica y al consumidor general. En este ámbito, el Laboratorio Agroalimentario ha participado asiduamente en actividades organizadas por el Departamento de Nutrición, Ciencias de la Alimentación y Gastronomía, tales como las varias ediciones del *workshop* Aceite de Oliva (2015-2019):

- El universo del aceite de oliva (2015)
- Los esteroides en el aceite de oliva. Situación actual, valores límite y casos atípicos. ¿Cómo gestionamos la diversidad? (2016)
- Análisis sensorial del aceite de oliva: situación actual y nuevos retos (2017)
- Autenticidad y control del aceite de oliva, situación actual y nuevos enfoques (2019)
- Jornada técnica sobre la miel catalana, organizada en el ámbito de un grupo operativo: Valorización de la miel catalana (2016)

Estas jornadas estaban enfocadas a aspectos de regulación de estos alimentos y a la difusión de los avances analíticos para determinar su calidad y autenticidad. En estas jornadas técnicas, la sinergia entre los organismos de control, el sector productivo y la investigación en el campo del control analítico ha permitido definir la situación actual del control de estos productos, identificar sus puntos fuertes y las carencias que constituyen los nuevos retos, así como proponer posibles soluciones analíticas.

Otro aspecto destacable es la importancia de la formación de los técnicos de laboratorio en técnicas analíticas de vanguardia, a fin de garantizar la constante actualización de los sistemas de control agroalimentario. La academia juega un papel fundamental en este tipo de formación. En este sentido, el Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica de la Universidad de Barcelona imparte varios cursos enfocados a la incorporación de los últimos avances tecnológicos en los actuales enfoques metodológicos, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

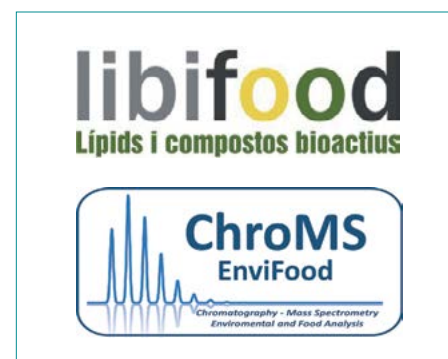
- Confirmación de residuos de productos fitosanitarios y zoonosarios (2003)
- Espectrometría de masas. Alternativas analíticas al control de fraudes: integridad y autenticidad (2017)
- Fundamentos de la espectrometría de masas: GC-MS, LC-MS, MALDI-MS
- Resolución de problemas en espectrometría de masas (2018)
- Alta resolución en espectrometría de masas: movilidad iónica y fuentes de ionización Ambiente (2021)

## 02. Grupos de investigación

Dentro del Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica y del Departamento de Nutrición, Ciencias de la Alimentación y Gastronomía, las principales colaboraciones con el Laboratorio Agroalimentario han sido protagonizadas por los grupos de investigación de Cromatografía y Espectrometría de Masas:

La transferencia de conocimiento entre la academia y los laboratorios de control se realiza mediante el apoyo en el desarrollo analítico y la organización de actividades de divulgación y de formación del personal.

Análisis medioambiental y alimentario (ChroMS EnviFood) y de lípidos y compuestos bioactivos de los alimentos (Li-BiFOOD).



Logos LiBiFOOD y ChroMS EnviFood. Fuente: LiBiFOOD y ChroMS-EnviFood

El Grupo de Cromatografía y Espectrometría de Masas: Análisis medioambiental y alimentario (ChroMS EnviFood), antiguo Grupo de Investigación Química Analítica-Análisis de Contaminantes, es un grupo de investigación consolidado reconocido por la Generalitat de Catalunya (2017SGR0310), con una gran experiencia en el desarrollo de metodologías analíticas para la determinación y caracterización de microcontaminantes orgánicos en muestras ambientales y alimentarias. Estas metodologías aprovechan la selectividad y sensibilidad que proporcionan las técnicas cromatográficas y la espectrometría de masas. Las líneas de investigación se centran en el estudio de (i) la presencia, degradación y transformación de contaminantes orgánicos en el medio ambiente; (ii) la determinación



de contaminantes y adulterantes en alimentos para la detección de alertas de seguridad y fraudes alimentarios, y (iii) el estudio y aplicación de nuevos avances en técnicas cromatográficas y espectrometría de masas para la resolución de problemas medioambientales y alimentarios. El grupo de investigación ha recibido financiación de forma continuada en convocatorias de proyectos competitivos del Plan nacional de I+D+i, ha liderado proyectos de infraestructuras para la adquisición de instrumentación de espectrómetros de masas de elevadas prestaciones, ha participado en varios proyectos europeos relacionados con el desarrollo de nanoabsorbentes para la remediación medioambiental y con el estudio de contaminantes orgánicos generados en alimentos térmicamente procesados. El grupo también realiza actividades de asesoramiento y colaboración con empresas e instituciones públicas, así como de transferencia tecnológica mediante diversos doctorados industriales financiados por la Generalitat de Catalunya. Por último, cabe indicar que los miembros de este grupo mantienen una estrecha relación con sociedades científicas, como refleja el hecho de que dos de ellos hayan sido presidentes de la Sociedad Española de Cromatografía y Técnicas Afines (SECyTA) y de la Sociedad Española de Espectrometría de Masas (SEEM).

El grupo LiBiFOOD es un grupo de investigación consolidado reconocido por la Generalitat de Catalunya (2017SGR1269), con una larga experiencia en el estudio de la calidad y autenticidad de los ali-

---

**El Laboratorio Agroalimentario colabora activamente con los grupos de investigación de ChromS EnviFood y LiBiFOOD, consolidados y reconocidos por la Generalitat de Catalunya.**

---



*Sala de cromatografía del Campus de la Alimentación de Torribera, donde desarrolla su investigación el grupo LiBiFOOD. Foto: LiBiFood.*

mentos, en particular, relacionada con su fracción lipídica. Sus líneas de investigación comprenden (i) la autenticación de alimentos, con la utilización de técnicas lipídicas y quimiometría; (ii) el estudio de la oxidación, estabilidad y calidad de los alimentos; en concreto; (iii) el estudio del aceite de oliva y de los factores que influyen en su composición, perfil sensorial y calidad, y (iv) la influencia del uso de grasas en alimentación animal sobre la calidad y la seguridad de los alimentos. El grupo ha recibido financiación de forma continuada en varias convocatorias de proyectos competitivos y, entre los proyectos más recientes, destaca el proyecto europeo del programa Horizon 2020 OLEUM - Advanced Solutions for Assuring the Overall Authenticity and Quality of Olive Oil; el proyecto del Plan nacional de I+D+i, TRACENUTS - Desarrollo de herramientas de detección de fraudes en frutos secos españoles con alto riesgo de falsificación, y varios proyectos regionales, entre los que destaca el proyecto Autenfood - Autenticación, trazabilidad y seguridad alimentaria, en el marco de RIS3CAT - Estrategia de investigación e innovación para la especialización inteligente de Cataluña, financiado por ACCIÓ - Agencia para la competitividad de la empresa. El grupo también realiza actividades de asesoramiento y colaboración con empresas; en el marco de estas actividades de transferencia tecnológica, ha realizado un doctorado industrial, parcialmente financiado por la Generalitat de Catalunya.

### 03. Técnicas analíticas emergentes

Los laboratorios analíticos de control deben enfrentarse a una gran variedad y complejidad de matrices alimentarias, un elevado número de compuestos a monitorizar que generalmente están presentes en concentraciones muy bajas en matrices muy complejas. Además, la lista de nuevos compuestos que deberían controlarse crece continuamente (desarrollo de nuevos productos, generación de subproductos de transformación en los procesos de producción, contaminaciones que se puedan producir durante la producción, el transporte o el almacenamiento, etc.) y las alertas alimentarias piden la obtención urgente de resultados. Por todo ello, es necesario que los laboratorios de control dispongan de estrategias de análisis eficaces, rápidas, sensibles y selectivas para hacer frente a estos retos. Hoy en día, las metodologías basadas en técnicas cromatográficas y de espectrometría de masas, junto con estrategias de análisis de datos, se han integrado de forma plena e indispensable en los protocolos de trabajo de los laboratorios analíticos de control agroalimentario.

El gran alcance de técnicas analíticas disponibles actualmente es fácilmente accesible para los laboratorios de control agroalimentario. Aunque existen multitud de métodos espectroscópicos, electroquímicos o incluso de inmunoen-

sayo que permiten el control de un gran número de compuestos mayoritarios y minoritarios en muestras agroalimentarias, la determinación selectiva y confirmatoria de contaminantes agroalimentarios a concentraciones muy bajas, la identificación de nuevos compuestos que se van incorporando a la cadena alimentaria y la detección de fraudes alimentarios requieren el potencial que proporciona la combinación de las técnicas cromatográficas con la espectrometría de masas.

### 03.01 Técnicas cromatográficas acopladas a espectrometría de masas

Los avances en técnicas cromatográficas hasta ahora han permitido alcanzar separaciones muy eficientes mediante columnas capilares en cromatografía de gases (*high-resolution gas chromatography*, HRGC) y columnas rellenas con partículas de menos de 2 µm en cromatografía de líquidos (*ultra-high performance liquid chromatography*, UHPLC). Por ejemplo, la separación cromatográfica de 23 pesticidas organoclorados [2] y la de residuos de etoxiquina y de sus productos de transformación en el control de la producción de piensos en Cataluña [3] ha sido posible mediante la HRGC. Sin embargo, la HRGC permitió desarrollar métodos instrumentales basados en la fracción volátil y semivolátil

del aceite de oliva virgen, tanto para su clasificación comercial [4] como para la verificación de su origen geográfico y varietal [5-6]. En cambio, la UHPLC ha posibilitado la determinación de pigmentos (carotenoides, clorofilas, etc.) y colorantes cúpricos (E-141i) [7-8] para la detección de fraudes en aceites de oliva virgen, así como para el análisis exhaustivo de la fracción fenólica de este producto [9]. También permitió analizar plastificantes como el BPA y los compuestos relacionados en alimentos debido a la migración de estas sustancias desde los envases [10]. Además, los avances en el desarrollo de innovadoras fases estacionarias han mejorado la selectividad y resolución de las separaciones cromatográficas y han ofrecido selectividades alternativas a las columnas de C18 comúnmente utilizadas. Hoy en día, las columnas con fases estacionarias fluoradas, fenil-hexil, zwitteriónicas o incluso las columnas de interacción hidrofílica (*hydrophilic interaction chromatography*, HILIC) han hecho posible las separaciones cromatográficas de multitud de familias de compuestos (desde compuestos relativamente no polares hasta las sustancias más polares e iónicas) [11-12]. Pero estas mejoras también han hecho posible reducir significativamente el tiempo de análisis y conseguir la determinación de un número significativamente grande de

compuestos objetivo en un tiempo relativamente corto, lo que ha ayudado a mejorar la productividad de los laboratorios de control agroalimentario.

---

Los avances en técnicas cromatográficas han supuesto mejoras en la separación de los distintos analitos y su detección, y son las técnicas de elección en muchas de las determinaciones requeridas en el control oficial agroalimentario.

---

El acoplamiento de estos sistemas cromatográficos a instrumentos de espectrometría de masas proporciona unas herramientas analíticas de gran selectividad y sensibilidad, especialmente necesarias para la determinación de contaminantes a bajo nivel de concentración inmersos en matrices agroalimentarias complejas. Pero la característica más ventajosa de estas técnicas acopladas frente a otras técnicas analíticas más clásicas es la capacidad de proporcionar una identificación inequívoca basada



Laboratorio de LC-MS/MS en la UB (grupo de investigación ChroMS EnviFood). Foto: ChroMS-EnviFood.



Fuente de ionización por electrospray y espectrómetro de masas de trampa de iones. Foto: ChroMS-EnviFood.

## La detección por espectrometría de masas es muy sensible y específica, características especialmente necesarias para la determinación de contaminantes a bajos niveles de concentración en matrices agroalimentarias complejas.

tanto en la reproducibilidad de las medidas de tiempo de retención como en la selectividad y capacidad de proporcionar información estructural (espectros de masas) de los analitos para su caracterización. Estos aspectos son de gran relevancia en las metodologías analíticas actuales, ya que hoy en día la capacidad de identificación y caracterización se ha convertido en un requisito indispensable en el análisis de compuestos orgánicos, y los requerimientos administrativos piden evidencias para la confirmación de la presencia de los compuestos detectados en las muestras positivas. Por otra parte, la selectividad basada en la composición y la estructura química que proporciona la espectrometría de masas permite hacer frente a las interferencias que frecuentemente se producen en las complejas muestras alimentarias pero, a su vez, también hace posible reducir y simplificar los largos y tediosos tratamientos de las muestras antes de la determinación analítica (GC-MS o LC-MS), ya que esta etapa suele ser el cuello de botella de muchos laboratorios de control alimentario.

### 03.02 Espectrometría de masas y técnicas de ionización

En el acoplamiento de la cromatografía de gases y de la cromatografía de líquidos a la espectrometría de masas (GC-MS y LC-MS, respectivamente), los compuestos eluidos de la columna cromatográfica son transformados en iones en fase gas

en la fuente de ionización y transportados por campos eléctricos dentro del analizador de masas, donde son separados en función de su relación masa/carga ( $m/z$ ) y, posteriormente, enviados ordenadamente (de menor a mayor  $m/z$ ) en el sistema de detección. Por tanto, la etapa de ionización se convierte en un paso primordial para conseguir la máxima intensidad de la señal (producción de iones) y del tipo de iones generados. En el acoplamiento GC-MS, las técnicas de ionización utilizadas generalmente, como la ionización electrónica (*electron ionization*, EI) y la ionización química (*chemical ionization*, CI), operan a alto vacío. La EI es una técnica de ionización dura en la que las moléculas neutras que eluyen de la columna interaccionan con un haz de electrones (70 eV) y se produce una transferencia de energía y la generación de los iones moleculares  $[M]^+$ . El exceso de energía que puede permanecer en el ion molecular después de la ionización puede provocar la desestabilización de los enlaces más débiles a la molécula y la formación de iones fragmento. Esta fragmentación suele ser muy característica y reproducible, y la base de las librerías de espectros de EI que han sido y siguen siendo un referente para la identificación de muchas sustancias analizadas por GC-MS [2, 13]. Sin embargo, algunos compuestos sufren una fragmentación elevada y el ion molecular desaparece completamente del espectro de masas. Este hecho comporta un problema en el proceso de identificación de la molécula, puesto que el ion molecular es el que proporciona la información de composición elemental del compuesto a identificar. Por ello, para algunas familias de compuestos se propone la utilización de la ionización química, que es una técnica más suave, transfiere menos energía a la molécula y evita así su fragmentación excesiva. En la ionización química en modo positivo (*chemical ionization*, CI), además del eluyente cromatográfico, en la cámara de ionización también se introduce un gas reactivo (metano, metanol, amoníaco, etc.), que interacciona con un haz de electrones (~12 eV) para generar iones en fase gas que interaccionarán con las

moléculas neutras de analitos en fase gas para protonarlas o formar algunos iones aductos.

También es muy útil la ionización química en modo negativo (*negative ions chemical ionization*, NICI), especialmente para los compuestos con grupos funcionales muy electronegativos, ya que pueden capturar los electrones de un haz de baja energía (0-2 eV) y favorecer los mecanismos de transferencia de carga con las especies iónicas generadas con los gases reactivos.

Por el contrario, el acoplamiento de la cromatografía de líquidos a la espectrometría de masas no ha sido posible hasta el desarrollo de las fuentes de ionización a presión atmosférica como el electrospray (*electrospray ionization*, ESI) y la ionización química a presión atmosférica (*atmospheric pressure chemical ionization*, APCI). Estas técnicas de ionización permiten generar iones en fase gas a partir de las moléculas (neutras o ionizadas) presentes en la fase líquida. En la ESI, se aplica un potencial elevado al capilar del eluyente cromatográfico a presión atmosférica. Este elevado potencial provoca la generación de gotas cargadas por acumulación de los iones (positivos o negativos) en el extremo de dicho capilar. La desolvatación de las gotas cargadas, mediante un gas de nebulización y temperatura, favorece que los iones dentro de las gotas cargadas sean transportados en la fase gas. Esta técnica permite la generación de iones (monocargados o múltiplemente cargados) a partir de analitos poco o muy poco volátiles que presentan masas en un gran intervalo de valores (desde iones pequeños hasta macromoléculas). La ESI es una técnica de ionización blanda en la que se favorece principalmente la formación de las moléculas protonadas (modo positivo) o desprotonadas (modo negativo) o la formación de iones aductos con los iones sodio, potasio, amonio, acetato, formiato, etc. Actualmente, la ESI es la técnica de elección en multitud de metodologías analíticas basadas en LC-MS [10-11]. Pero los compuestos

con grupos funcionales que no son fácilmente protonables o desprotonables en fase líquida no suelen dar una buena respuesta con ESI. Además, cuando se trabaja con ESI, siempre deben tenerse en cuenta los efectos de supresión (o de mejora) de la ionización debido a los procesos competitivos que tienen lugar durante la ionización y que son provocados principalmente por la coelución de analitos o la elución de otras sustancias presentes en las matrices complejas de los extractos agroalimentarios, y resulta necesario el uso de estrategias para corregir estos efectos adversos durante el análisis cuantitativo, como, por ejemplo, mediante la técnica de *matrix-matched calibration*. Últimamente, para resolver estos problemas con la ESI, se está impulsando el uso de técnicas de ionización a presión atmosférica alternativas como la ionización química a presión atmosférica (*atmospheric pressure chemical ionization*, APCI) y la fotoionización a presión atmosférica (*atmospheric-pressure photoionization*, APPI). Estas dos técnicas se basan en mecanismos de ionización en fase gas. Las moléculas presentes en el efluente cromatográfico son desolvatadas mediante la asistencia térmica y neumática de un gas de nebulización caliente (400-500 °C). Posteriormente, las moléculas en fase gas son ionizadas con APCI empleando un electrodo en forma de aguja (electrodo corona), donde se aplica un potencial elevado (3-6 kV) para emitir electrones que inician una cascada de reacciones en fase gas que terminan por ionizar los compuestos eluidos de la columna de LC. En APPI, este electrodo corona se sustituye por una lámpara de kriptón que emite fotones de 10 eV y que inicia las reacciones ion-molécula en fase gas. En este caso, también se suele utilizar un dopante, que es un disolvente que se fotoioniza fácilmente y mejora la respuesta final de los analitos. Estas dos técnicas son una buena alternativa cuando se encuentran problemas importantes con la ESI, ya que son capaces de ionizar compuestos difícilmente ionizables con ESI y, al mismo tiempo, son menos susceptibles de

sufrir efectos matrices en el proceso de ionización, lo que facilita el proceso de cuantificación. Por ejemplo, se han propuesto métodos basados en APCI para la determinación de pigmentos naturales en el aceite de oliva y de colorantes azoicos en especies que dan mejores resultados y son más ventajosos para los laboratorios de control agroalimentario que los métodos basados en la ESI [7, 14]. En cambio, tanto la APCI como la APPI dan solo iones monocargados y, por tanto, no son técnicas adecuadas para el análisis LC-MS de macromoléculas como péptidos o proteínas, las cuales deben ser analizadas mediante la ESI. Finalmente, cabe indicar que en los últimos años se han diseñado fondos de APCI y APPI para ser utilizadas en el acoplamiento GC-MS que están siendo una buena alternativa a la ionización química convencional. Además, estas técnicas de ionización a presión atmosférica facilitan el acoplamiento GC-MS con instrumentos de última generación diseñados inicialmente para LC-MS, lo que abre la puerta a nuevas aplicaciones y a la mejora de productividad y reducción de costes de los laboratorios de control agroalimentario, puesto que se pueden realizar metodicas de LC-MS y GC-MS en el mismo instrumento. Por ejemplo, se ha propuesto un método de determinación de dioxinas y furanos por HRGC-Orbitrap empleando APPI, [15] que da resultados similares al método de referencia con equipos con analizadores de masas de sectores, lo que hace posible alternar los métodos de LC-MS y GC-MS en un mismo equipo (Orbitrap) con modificaciones mínimas.

Estas metodologías basadas en GC-MS y LC-MS, cuando se aplican a muestras complejas, requieren tratamientos de muestra laboriosos previos a las determinaciones cromatográficas generalmente largas, lo que puede afectar negativamente a la productividad de los laboratorios de control agroalimentario. En la última década se están introduciendo en el campo del análisis agroalimentario un grupo de nuevas técnicas de ionización llamadas *ambient ionization mass spec-*

---

Los acoplamientos entre los sistemas cromatográficos o fuentes de ionización ambiente y los instrumentos de espectrometría de masas han evolucionado de forma muy rápida en los últimos años para poder dar respuesta a los nuevos retos analíticos.

---

*trometry* (AIMS). Estas técnicas permiten ionizar a presión atmosférica los compuestos en la superficie de una muestra sin necesidad de ningún tratamiento de muestra o separación cromatográfica y realizan el análisis en pocos segundos. La desorción con electrospray (*desorption electrospray ionization*, DESI) y el análisis directo en tiempo real (*direct analysis in real time*, DART) son las dos técnicas pioneras en este campo [16] y, actualmente, han llevado al desarrollo de un gran número de nuevas técnicas AIMS, muchas de ellas de fácil implementación en laboratorios que ya trabajan con equipos de LC-MS. El grupo de la UB (ChroMS EnviFood), en colaboración con el Laboratorio Agroalimentario de Cabrils, ha desarrollado métodos para la detección rápida de drogas veterinarias en piensos y adulterantes en productos fitosanitarios empleando la DESI acoplada al HRMS [17-18] que permiten la detección rápida de las muestras positivas. Debido a las ventajas que presentan estas técnicas vanguardistas para la productividad de los laboratorios, es posible que comencemos a verlas con mucha más frecuencia en un futuro muy cercano.

### 03.03 Analizadores de masas de baja y alta resolución

En cuanto a los analizadores de masas, la tónica general hasta ahora ha sido el uso de sistemas de espectrometría de masas de baja resolución con capacidad

de realizar experimentos de espectrometría de masas en tándem (triples cuadrupolos y trampas de iones) para identificar y cuantificar de forma robusta y fiable compuestos objetivo (*target analysis*).

Hoy en día, muchos métodos oficiales incorporan estas tecnologías, puesto que permiten la determinación de analitos a muy bajas concentraciones en muestras muy complejas con la garantía de una identificación casi inequívoca. Por el contrario, la monitorización de determinados compuestos requiere el uso de sistemas de alta resolución (sectores, tiempo de vuelo —TOF, por sus siglas en inglés— u Orbitraps) para hacer frente a interferencias isobáricas (compuestos que generan iones con relación  $m/z$  muy similares a los analitos) y mejorar la selectividad a fin de disminuir el número de falsos positivos. La mayoría de las metodologías de baja resolución se basan en estrategias de análisis dirigidas a disfrutar de la máxima sensibilidad. Así, los analizadores de masas suelen operar en modos de adquisición selectiva de iones que son característicos de los analitos objetivo (*selected ion monitoring*, SIM), generalmente en GC-MS con analizadores cuadrupolares. Así, en GC-MS con EI se genera un número importante de iones por cada compuesto, lo que hace posible la monitorización de al menos tres iones característicos útiles tanto para la determinación cuantitativa como para la confirmación a niveles de concentración suficientemente bajos en matrices agroalimentarias complejas [3]. Por otra parte, para reducir el ruido de fondo en GC-MS con EI, las fuentes blandas de ionización utilizadas en LC-MS y GC-MS requieren la complementariedad de la espectrometría de masas en tándem (MS/MS), generalmente con sistemas híbridos de triple cuadrupolo (QqQ), a fin de reducir el ruido de fondo y garantizar la confirmación con un número suficiente de iones característicos [2-7]. En MS/MS a un QqQ, los iones precursores generados en la fuente de ionización son aislados en el primer cuadrupolo y enviados a la celda de colisión (generalmente, un segundo cua-

drupolo), donde son fragmentados por colisión inducida mediante un gas inerte (He, Ar, N<sub>2</sub>) y aplicando una energía de colisión. Los iones producto generados en la celda de colisión son analizados en el tercer cuadrupolo. El modo de adquisición empleado con mayor frecuencia es el MRM (*multiple reaction monitoring*), donde el primer y el tercer cuadrupolo permiten el paso solo de iones de una determinada relación  $m/z$  por cada uno de los analitos de interés, denominadas transiciones selectivas «ion precursor-ion producto» (normalmente dos). Estos métodos MS/MS han dado muy buen resultado hasta ahora para determinar un elevado número de compuestos objetivo y para los que se dispone de un patrón que permite determinar el tiempo de retención y establecer los iones característicos a monitorizar, así como obtener curvas de calibración para el análisis cuantitativo [2, 7].

Estas estrategias metodológicas dirigidas no permiten afrontar los nuevos retos a los que debe enfrentarse hoy en día el análisis agroalimentario, la detección de compuestos sospechosos y la identificación y caracterización de compuestos desconocidos. En esta línea, los avances metodológicos se han centrado en utilizar estrategias no dirigidas para detectar e identificar un número ilimitado de compuestos en un mismo análisis. Los analizadores de masas de alta resolución que operan en modo completo de barrido de iones con elevada sensibilidad son hoy en día la piedra angular para realizar este tipo de análisis no dirigido. Por un lado, analizadores de masas como los TOF y los Orbitraps se han popularizado tanto en LC-MS como en GC-MS. Estos sistemas proporcionan una medida cuidadosa de la masa de los iones detectados (hasta 4-5 decimales con menos de 5 ppm de exactitud en la medida de la masa) e información sobre la distribución isotópica que permite asignar con precisión la composición elemental de los iones detectados, etapa importante para la elucidación estructural de compuestos sospechosos y desconocidos. Incluso la aplicación directa de ESI-MS



LC-HRMS: Fuente de ionización química a presión atmosférica (APCI) y espectrómetro de masas híbrido cuadrupolo-Orbitrap. Foto: ChromS-EnviFood.

---

Las diferentes configuraciones de los analizadores de masas permiten responder a la pregunta de si un analito está en una muestra (*target analysis*) así como, en determinadas configuraciones (alta resolución), qué analitos existen en una muestra (*untarget analysis*).

---

con analizador Orbitrap ha permitido obtener, sin separación cromatográfica previa, un perfil de triacilglicerol del aceite de oliva tan detallado que ha permitido desarrollar modelos de autenticación a gran escala (más de 1.000 muestras) capaces de detectar hasta el 2 % y el 5 % de adulterantes altos en ácido linoleico (girasol, soja) u oleico (avellana, aguacate, girasol con alto oleico) en menos de dos minutos [19].

03.04 Movilidad iónica

A pesar de las importantes ventajas que ofrece la espectrometría de masas de alta resolución, las muestras y mezclas muy complejas pueden presentar nuevos retos que podrían dificultar las identificaciones/caracterizaciones y aumentar el ruido de fondo, como la presencia de compuestos interferentes con valores de *m/z* muy similares o idénticos (iones isobáricos) a los analitos de interés, o incluso

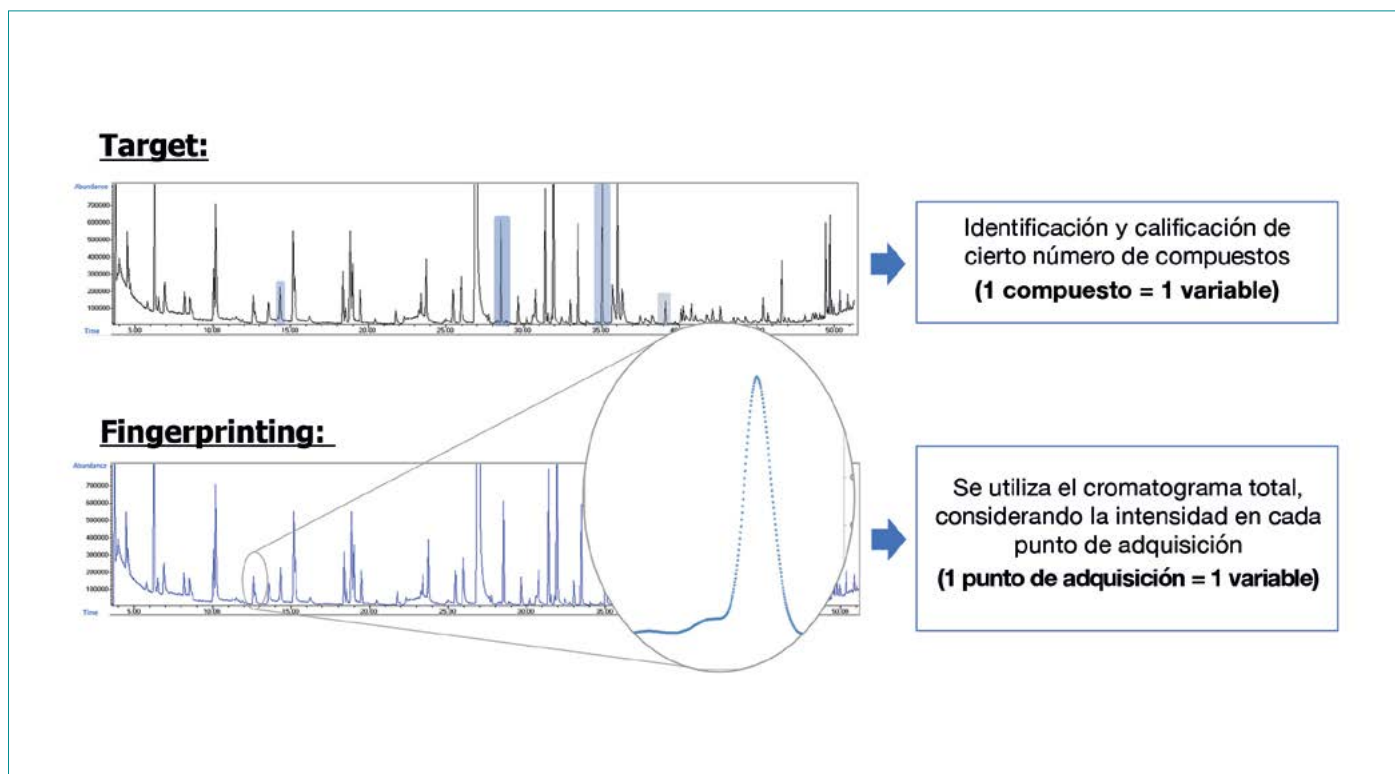
La movilidad iónica permite diferenciar los iones según su forma espacial además de su masa y carga y proporcionar valores de CCS (*collisional cross section*), que están directamente relacionados con la tridimensionalidad de las moléculas.

la coelución de compuestos isoméricos. Afortunadamente, en la última década, los avances tecnológicos han hecho realidad la utilización de una nueva herramienta, la movilidad iónica, en el campo agroalimentario [20]. Esta instrumentación, generalmente implementada en instrumentos híbridos del tipo Q-TOF, permite diferenciar los iones según su forma espacial además de su masa y carga y proporcionar valores de CCS (*collisional cross section*), que están directamente relacionados con la tridimensionalidad de las moléculas. En estos dispositivos, los iones entran en una celda de movilidad iónica presurizada con un gas inerte en el que se aplica un potencial. Los iones, al avanzar por esta celda, llegan al sistema Q-TOF según su aerodinámica. Los iones más pequeños, con menos carga y más compactos (plegados) llegan antes, y los mayores, con más cargas y más desplegados, llegan más tarde. El tiempo que tardan los iones en cruzar la celda está directamente relacionado con su forma tridimensional y estos valores de tiempo se transforman en valores de CCS,

que se incorporan a los datos obtenidos con GC-HRMS/MS y con LC-HRMS/MS (tiempo de retención, iones precursores, iones producto), lo que los dota de una dimensión adicional. Los cromatogramas y espectros de masas obtenidos con esta tecnología se pueden filtrar utilizando los valores específicos de CCS, característicos de cada uno de los compuestos, lo que hace posible mejorar la especificidad de los métodos y reducir el ruido de fondo para obtener límites de detección mucho más bajos. La movilidad iónica se está empleando muy ampliamente en metodicas para la autenticación e identificación de fraudes en el campo agroalimentario [21].

03.05 Enfoques analíticos emergentes: el marcaje (*fingerprinting*)

Además de las técnicas analíticas aplicadas a la detección, identificación y cuantificación, la forma de procesar los datos analíticos puede desempeñar un papel primordial en la evaluación de la calidad y autenticidad de los alimentos. A diferencia de las estrategias metodológicas tradicionales, basadas en la



Representación de los enfoques target y fingerprinting para el tratamiento de datos. Fuente: LiBiFood y ChroMS-EnviFood.

determinación de varios marcadores y en su comparación con valores de referencia, estrategias innovadoras como el *fingerprinting* se basan en la señal analítica bruta proporcionada por técnicas espectroscópicas o cromatográficas. Este enfoque emplea herramientas quimiométricas para encontrar patrones específicos para una determinada clase de alimento (según su categoría comercial, origen u otros rasgos distintivos) que puedan diferenciarla de alimentos que no pertenecen a la misma categoría. A diferencia de las metodologías convencionales, dirigidas a un número limitado de compuestos que pueden resultar insuficientes para la autenticación, el *fingerprinting* permite considerar una gran cantidad de información y distinguir de forma más eficiente, o con un determinado grado de calidad, las muestras auténticas de las muestras no auténticas. Por este motivo, el *fingerprinting* se está aplicando con éxito para la autenticación de los alimentos. Concretamente, el grupo LIBIFOOD obtuvo resultados prometedores para la autenticación geográfica y varietal de alimentos, para la detección de adulteraciones, así como para la evaluación de la calidad sensorial de aceites de oliva vírgenes [4-6]. Tanto es así que en el ámbito del proyecto OLEUM se demostraron las elevadas potencialidades del *fingerprinting* de la fracción volátil del aceite de oliva virgen como método instrumental de apoyo al panel de cata [4]. Uno de los retos de las metodologías de *fingerprinting* es su validación, ya que es necesario proporcionar una señal cromatográfica repetible y reproducible, y los criterios convencionales adoptados para evaluar las prestaciones de los métodos *target* no son aplicables como tales. Garantizar la calidad y la comparabilidad de los resultados analíticos obtenidos por distintos laboratorios es una condición necesaria para plantear el método como una herramienta de control. Por este motivo, el *fingerprinting* de la fracción volátil obtenida por SPME (*solid phase microextraction*) acoplada a GC-MS se incluyó en las actividades de validación interlaborato-

---

Las estrategias de *fingerprinting* permiten distinguir de forma eficiente, o con un determinado grado de calidad, las muestras auténticas de las muestras no auténticas. Se están aplicando con éxito para la autenticación geográfica y varietal de alimentos, para la detección de adulteraciones y para la evaluación de la calidad sensorial de aceites de oliva vírgenes.

---

rio del proyecto OLEUM, en las que ha participado extensamente el Laboratorio Agroalimentario. La implicación tanto de los laboratorios de análisis oficiales, como el Laboratorio Agroalimentario, como privados fue fundamental para el éxito de los estudios de validación. El estudio interlaboratorio implicó una etapa de entrenamiento que proporcionó nuevas competencias a los participantes no expertos en la técnica analítica y una etapa de análisis de muestras problema. La retroacción de los propios participantes y los resultados obtenidos han permitido identificar algunas de las principales causas de variabilidad entre participantes, así como explorar y proponer soluciones de procesamiento de datos para corregir algunas de las diferencias observadas entre señales. Los resultados obtenidos representan un paso importante en la validación de métodos no convencionales como el *fingerprinting*, que servirán como punto de partida para futuras investigaciones. No obstante, los laboratorios han podido incorporar a sus competencias algunas de las metodologías emergentes desarrolladas en el ámbito de este proyecto de investigación europeo y demostrar la importancia de la cooperación entre la academia y los laboratorios de control.

## Para más información

---

1. [https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/future-food-safety-budget-and-policy/food-safety-future-eu-budget-2021-2027\\_en](https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/future-food-safety-budget-and-policy/food-safety-future-eu-budget-2021-2027_en)
2. SÁNCHEZ COSTA, L., RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, P., MEDINA SALA, M. (2018) "Determination of 23 organochlorine pesticides in animal feeds by GC-MS/MS after QuEChERS with EMR-lipid clean-up". *Analytical Methods*, vol. 10, 5171-5180
3. SÁNCHEZ COSTA, L., PUJOL BOIRA, J., ARAGÓ IGLESIAS, M., RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, P., MIREIA SALA, M. (2020) "Analysis of ethoxyquin residues in animal feed using QuEChERS and gas chromatography tandem mass spectrometry and its results from Catalanian production 2018-2019". *Analytical Methods*, vol. 12, 4080-4088
4. QUINTANILLA-CASAS, B., MARIN, M., GUARDIOLA, F., GARCÍA-GONZÁLEZ D. L., BARBIERI, S., BENDINI, A., GALLINA TOSCHI, T., VICHI, S., TRES, A. (2020) "Supporting the Sensory Panel to Grade Virgin Olive Oils: An In-House-Validated Screening Tool by Volatile Fingerprinting and Chemometrics". *Foods*, vol. 9, 1509
5. QUINTANILLA-CASAS, B., TORRES-COBOS, B., GUARDIOLA, F., SERVILI, M., ALONSO-SALCES, R.M., VALLI, E., BENDINI, A., GALLINA TOSCHI, T., VICHI, S., TRES, A. (2022) "Geographical authentication of virgin olive oil by GC-MS sesquiterpene hydrocarbon fingerprint: Verifying EU and single country label-declaration". *Food Chemistry*, vol. 378, 132104.
6. TORRES-COBOS, B., QUINTANILLA-CASAS, B., ROMERO, A., NINOT, A., ALONSO-SALCES, R.M., BENDINI, A., GALLINA TOSCHI, T., GUARDIOLA, F., TRES, A., VICHI, S. (2021) "Varietal authentication of virgin olive oil: Proving the efficiency of sesquiterpene fingerprinting for Mediterranean Arbequina oils". *Food Control*, vol. 128, 108200

7. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., RODRÍGUEZ, P., MIREIA M., SANTOS F.J., MOYANO, E. (2019) "Simultaneous analysis of natural pigments and E-141i in olive oils by liquid chromatography-tandem mass spectrometry". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 411, 5577-5591
8. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., RODRÍGUEZ, P., MIREIA M., SANTOS F.J., MOYANO, E. (2020) "Pigment profiles of Spanish extra virgin olive oils by ultra-high-performance liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry". *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, vol. 37, 1075-1086
9. VICHI, S., CORTÉS-FRANCISCO, N., CAIXACH, J. (2013) "Insight into virgin olive oil secoiridoids characterization by high-resolution mass spectrometry and accurate mass measurements". *Journal of Chromatography A*, vol. 1301, 48– 59
10. GALLART-AYALA, H., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2011) "Analysis of bisphenols in soft drinks by on-line solid phase extraction fast liquid chromatography-tandem mass spectrometry". *Analytica Chimica Acta*, vol. 683, 227-233
11. ESPARZA, X., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2009) "Analysis of chlormequat and mepiquat by hydrophilic interaction chromatography coupled to tandem mass spectrometry in food samples". *Journal of Chromatography A*, vol. 1216, 4402-4406
12. ALECHAGA, É., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2014) "Mixed-mode liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry for the analysis of aminoglycosides in meat". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 406, 4941-4953
13. BACCOLO, G., QUINTANILLA-CASAS, B., VICHI, S., AUGUSTIJN, D., BRO, R. (2021) "From untargeted chemical profiling to peak tables – A fully automated AI driven approach to untargeted GC-MS". *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, vol. 145, 116451
14. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., EPIGMENIO-CHAMÚ, S., SANTOS, F.J., MOYANO, E. (2021) "Determination of banned dyes in red spices by ultra-high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure ionization-tandem mass spectrometry". *Analytica Chimica Acta*, vol. 1164, 338519
15. AYALA-CABRER, J.F., ÁBALOS, M., ABAD, E., MOYANO, E., SANTOS, F.J. (2020) "Feasibility of gas chromatography-atmospheric pressure photoionization-high-resolution mass spectrometry for the analysis of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in environmental and feed samples". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 412, 3703-3716
16. ARRIZABALAGA-LARRAÑAGA, A., AYALA-CABRERA, J.F., SERÓ, R., SANTOS, F.J., MOYANO, E. (2020) "Ambient ionization mass spectrometry in food analysis". Capítulo del libro *Food Toxicology and Forensics* 271-312
17. SERÓ, R., NÚÑEZ, O., BOSCH, J., GRASES, J.M., RODRÍGUEZ, P., MOYANO, E., GALCERAN, M.T. (2015) "Desorption electrospray ionization-high resolution mass spectrometry for the screening of veterinary drugs in cross-contaminated feedstuffs". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 407, 7369-7378
18. SERÓ, R., VIDAL, M., BOSCH, J., RODRÍGUEZ, P., GALCERAN, M.T., MOYANO, E. (2019) "Desorption electrospray ionization-high resolution mass spectrometry for the analysis of unknown materials: The phytosanitary product case". *Talanta*, vol. 194, 350-356
19. QUINTANILLA-CASAS, B., STROCCHI, G., BUSTAMANTE, J., TORRES-COBOS, B., GUARDIOLA, F., SERVILI, M., MOREDA, W., MARTÍNEZ-RIVAS, J.M., VALLI, E., BENDINI A., GALLINA TOSCHI, T., TRES, A., VICHI, S. (2021) "Large-scale evaluation of shotgun triacylglycerol profiling for the fast detection of olive oil adulteration" *Food Control*, vol. 123, 107851
20. KAUFMANN, A. (2020) "The use of UHPLC, IMS, and HRMS in multiresidue analytical methods: A critical review". *Journal of Chromatography B*, vol. 1158, 122369
21. FISHER, C.M., CROLEY, T.R., KNOLHOFF, A.M. (2021) "Data processing strategies for non-targeted analysis of foods using liquid chromatography/high-resolution mass spectrometry". *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, vol. 136, 116188

## Autoría



**Dra. Encarnación Moyano Morcillo**

Catedrática.

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica  
Universidad de Barcelona.  
Grupo de investigación ChroMS  
EnvFood  
encarna.moyano@ub.edu



**Dra. Stefania Vichi**

Profesora agregada.

Departamento de Nutrición, Ciencias de la Alimentación y Gastronomía, Universidad de Barcelona. Grupo de investigación LiBiFOOD  
stefianivichi@ub.edu



# RETOS DE FUTURO

## 01. Introducción

La reglamentación europea establece un marco armonizado para la organización de controles oficiales en toda la cadena agroalimentaria. Se exige a las autoridades competentes que comprueben que los operadores cumplen las normas de la Unión Europea (UE) y que los alimentos cumplen los requisitos específicos. Los laboratorios de control oficial agroalimentario, como engranaje de la cadena de control, estamos obligados a trabajar bajo acreditación según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025. El objetivo de esta acreditación es dar confianza: hay que asegurar que nuestros resultados son válidos y que somos competentes técnicamente, es decir, no solo tenemos que trabajar bien, sino que debemos demostrarlo.

**Hay que asegurar que los resultados de los laboratorios de control oficial son válidos y que somos competentes técnicamente, es decir, no solo tenemos que trabajar bien, sino demostrarlo.**

El control oficial agroalimentario abarca tanto la seguridad como la calidad de los alimentos, tanto para consumo humano como para consumo animal. Los laboratorios oficiales, según el departamento al que pertenecemos y la distribución de competencias, tenemos una u otra orientación más o menos desarrollada. Sin embargo, los laboratorios oficiales estamos muy vinculados y tenemos retos comunes, con el objetivo de ser una herramienta útil a los cuerpos de inspección en la búsqueda de sustancias prohibidas o indeseables

en la alimentación humana o animal y en la lucha contra el fraude agroalimentario. En definitiva, el propósito final de los laboratorios es contribuir a garantizar la calidad y la seguridad de los alimentos en toda la cadena alimentaria. Nuestro futuro pasa por una estrategia común.

En este artículo, identificamos los retos de futuro del Laboratorio Agroalimentario de Cataluña (LAC). Lo hacemos con la visión interna del propio Laboratorio y externa desde el punto de vista del Laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona, con el que compartimos funciones y objetivos.

## 02. El contexto de los laboratorios de control oficial

Si miramos a largo plazo en el contexto global, social y económico, vemos que el mundo está cambiando muy rápido. La emergencia climática, la globalización y la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 condicionan y condicionarán las políticas de control agroalimentario. El calentamiento global afecta ya a los sistemas de producción de alimentos a nivel

local. La UE se ha propuesto como objetivo ser el primer continente neutro por lo que respecta a la emisión de CO<sub>2</sub>. La mitigación y adaptación al cambio climático, la circularidad y sostenibilidad en el diseño de las políticas de producción de alimentos, el uso eficiente de los recursos, la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica no son ajenos a los laboratorios de control agroalimentario.

La pandemia y la obtención de vacunas contra el virus causante han puesto de manifiesto que gracias a la inversión en investigación y tecnología se puede tener capacidad de respuesta y proporcionar soluciones rápidas a problemas altamente complejos. Esto se ha hecho en los laboratorios.

Debido a la globalización, es habitual la presencia en nuestro mercado de alimentos producidos en otra parte del planeta que deben cumplir la estricta normativa europea para poder ser consumidos. La tarea de los laboratorios es fundamental a la hora de establecer nuevos métodos de análisis de estos alimentos para asegurar tanto su inocuidad como su origen y autenticidad.



Proceso de análisis. Foto: LAC

La transformación mundial del sistema de producción de alimentos pasa, en gran medida, por la obtención de fuentes de proteína alternativa. Los insectos y algas, como materias primas y nueva fuente de proteína, contendrán productos indeseables que habrá que controlar. Por otra parte, existen problemas emergentes, como la presencia cada vez mayor de micotoxinas en los piensos y alimentos originadas por el calentamiento global del planeta. Paralelamente, la reglamentación europea va disminuyendo los límites permitidos de diversas sustancias como plaguicidas y residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos para animales.

Los nuevos hábitos alimentarios de la población implican el incremento de consumo de productos ecológicos, vegetarianos o veganos. Las intolerancias y alergias alimentarias son cada vez más frecuentes y en el mercado se incrementa la oferta de productos para este tipo de consumo. Asimismo, hay que vigilar la sustitución, la dilución, la ocultación y el uso de sustancias no autorizadas y de los productos fraudulentos.

Son algunos de los ejemplos de los múltiples temas a tener en cuenta en el trabajo del laboratorio de control oficial a la hora de controlar la calidad y la seguridad de los alimentos.

Asimismo, y a pesar de la globalización, debemos considerar la dimensión del sistema alimentario catalán, su rol y su valor. Sus objetivos: ser sostenible, transformador y basado en la bioeconomía circular; propio y arraigado al territorio; justo, equitativo y cohesionado, y saludable y de confianza.

---

La pandemia y la obtención de vacunas contra el coronavirus han puesto de manifiesto que gracias a la inversión en investigación y tecnología se puede tener capacidad de respuesta y proporcionar soluciones rápidas a problemas altamente complejos. Esto se ha hecho en los laboratorios.

---

#### 02.01 El contexto de trabajo interno

El Laboratorio Agroalimentario, como pieza clave del control agroalimentario, y afectado también por la emergencia climática, debe extremar la gestión medioambiental. El control de los consumos energéticos y la gestión de residuos de sustancias peligrosas son un objetivo esencial y una prioridad. Por ello, hay que invertir en la infraestructura del edificio del Laboratorio (clima, iluminación, aislamiento de espacios, mobiliario de trabajo y almacenamiento de reactivos, materiales y sus residuos). El Laboratorio debe disponer de una infraestructura con las máximas garantías de seguridad, eficiencia y respeto hacia el medio ambiente.

El desarrollo de la instrumentación en los últimos años ha sido uno de los pilares más fuertes del trabajo en el Laboratorio en el ámbito del análisis químico. Desde el acoplamiento de las técnicas de separación cromatográfica a la espectrometría de masas hasta el logro de equipos instrumentales de sobremesa, la evolu-



Cromatógrafo de gases con detector de espectrometría de masas con simple cuadrupolo. Foto: LAC



Procesamiento de datos. Foto: LAC.

ción del trabajo en el Laboratorio ha sido notable. Aparte de la instrumentación, particularmente interesante ha sido el desarrollo de los métodos de extracción genéricos de los compuestos de interés de forma rápida, sencilla y económica, dado que no se necesitan materiales de precio elevado. Esta metodología de extracción genérica, asociada al uso de las nuevas tecnologías de separación y detección, es una potente herramienta al alcance de los laboratorios públicos.

Como tecnologías de más reciente desarrollo, cabe mencionar las técnicas cromatográficas de alta eficacia y la espectrometría de masas, que ha evolucionado rápidamente en los últimos años, tanto en el campo de la baja resolución como de la alta resolución. El uso de la espectrometría de masas de alta resolución permite resolver problemas analíticos en los que la baja resolución muestra sus limitaciones, como, por ejemplo, en caso de presencia de interferencias isobáricas coeluyentes, que pueden llegar a provocar errores en la emisión de resultados de laboratorio.

En el ámbito de la microbiología y de la biología molecular, la pandemia ha puesto de relieve los métodos para la detección y confirmación de la presencia del virus SARS-CoV-2 en muestras de origen humano. En comparación con la situación previa a la pandemia, la población tiene muchos más conocimientos sobre los métodos de inmunocromatografía («tests rápidos») y sobre el método reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) para la detección de la presencia del virus. Respecto a este último, es el método cada vez más usado en el campo del análisis microbiológico como *screening* para obtener resultados rápidos y prever los de los métodos de cultivo, ya que su tiempo de respuesta puede ser de horas en comparación con los métodos oficiales. Este es el caso del análisis de legionela en muestras de agua, en que el método de cultivo requiere diez días, mientras que el método de PCR permite tener resultados en horas. Sin embargo, si el resultado de la PCR es positivo, igualmente habrá que finali-

zar el método de cultivo, dado que es el método establecido para el control oficial de legionela y permite obtener el microorganismo aislado, lo que posibilita los estudios epidemiológicos posteriores. La PCR es una técnica que, al estar basada en la identificación de una secuencia genómica, proporciona altos niveles de sensibilidad y especificidad. Se trata de una técnica muy útil en el campo de los patógenos no cultivables, como es actualmente el caso del norovirus.

Las técnicas moleculares permiten, además, la automatización de parte del proceso. En este sentido, se observa que está ganando terreno en los laboratorios oficiales la presencia de extractores automatizados que permiten agilizar labores de extracción de los ácidos nucleicos para la detección posterior de microorganismos. Una de las vías de futuro de la técnica PCR puede estar en la técnica digital-PCR, que permite cuantificar sin usar recta de patrones, lo que permite ganar tiempo de análisis y abaratar costes de reactivos.

Otra posible línea de futuro en el campo de la biología molecular es la aplicación de técnicas NGS (*next generation sequencing*), que permiten detectar muchos más microorganismos de forma simultánea en un único análisis de una muestra.

Aparte de las técnicas moleculares, en el campo de los métodos de cultivo también hay intentos de obtener resultados de forma más rápida y sencilla. Por ejemplo, en Cataluña ya se ha implementado el método alternativo para el rápido control de la calidad de las aguas de baño en cuanto a la presencia de coliformes y *E. coli*. Algunos de estos métodos ya se han certificado como alternativos a normas ISO, por lo que ya se pueden utilizar en el control oficial.

Un reto de futuro para los laboratorios de control oficial es disponer de la última tecnología en el mercado a fin de ser capaces de emitir resultados de alta fiabilidad lo más rápido posible.

Este último punto está ligado a uno de los pilares fundamentales del trabajo en el laboratorio, que es la necesidad de contar con personal altamente cualificado y con un elevado grado de conocimiento de las técnicas de análisis y matrices alimentarias. Para llevar a cabo la labor del laboratorio, lo más importante son las personas. Así pues, otro reto de futuro para los laboratorios es tener la capacidad de contratar a personal cualificado y retener al personal ya formado que aporta valor. Hay que innovar en el modelo de contratación pública para ser capaces de contratar y mantener el talento y el conocimiento.



Robot para la extracción de ácidos nucleicos. Foto: Agencia de Salud Pública de Barcelona.

Por otra parte, cabe destacar que los laboratorios son evaluados periódicamente mediante auditorías internas y externas para comprobar si cumplen la norma UNE-EN ISO/IEC 17025. El sistema estatal de acreditación es bastante rígido y no está adaptado a la realidad cambiante anteriormente mencionada. Para poder ser una herramienta útil en el control de la cadena alimentaria, hay que disponer de un alcance de acreditación amplio y flexible que permita emitir resultados sin tener que pasar todo el proceso establecido y evitar vacíos en la oferta acreditada de los laboratorios de control oficial.

Además, la capacidad de respuesta de los laboratorios es una necesidad en el trabajo de rutina y en situaciones urgentes (actuaciones dirigidas, por sospecha o crisis alimentarias). Por eso, es esencial contar con una plantilla amplia, estable y calificada; equipamiento analítico puntero (eficiente, sensible, preciso y robusto), y un alcance de acreditación abierto y flexible. Hay que estar preparados para lo que se nos pide y para no comprometer la eficacia del control oficial.

Realizar estudios prospectivos para identificar los posibles fraudes o riesgos emergentes es una necesidad previa al establecimiento de los planes de control. Debemos conocer cuál es el estado del arte en este campo. Los laboratorios tenemos que colaborar en el impulso y la participación de

este tipo de campañas, desarrollar metodología y aportar información clave para los organismos de control.

#### 02.02 El contexto de trabajo externo

El entorno cambiante de emergencia climática, globalización y pandemia que vivimos ahora mismo pone de relieve la necesidad de cooperar entre las diferentes ramas de la Administración. Dado que el control agroalimentario es inalcanzable para un solo laboratorio, es necesaria y evidente la especialización. Los laboratorios especializados optimizan los recursos y rentabilizan su trabajo; en definitiva, son más eficientes. Por tanto, los laboratorios especializados pueden formar una red que dé una rápida respuesta a los retos del control alimentario y a las alertas alimentarias, en el marco de la Unión Europea, y a la libre circulación de mercancías entre Estados miembros. Hay que potenciar el trabajo y la colaboración entre laboratorios para dar el máximo servicio.

Así pues, el Laboratorio Agroalimentario debe invertir en equipamiento de análisis de última generación. Tiene que poder aplicar, sin restricciones, las técnicas que marcan las recomendaciones y la normativa comunitaria, pero también debe dar un paso más. Debe posicionarse como referente en el ámbito de su competencia, de su especialidad.

Los laboratorios de control oficial tienen que disponer de una infraestructura con las máximas garantías de seguridad, eficiencia y respeto hacia el medio ambiente; de la última tecnología en el mercado, para ser capaces de emitir resultados de alta fiabilidad tan pronto como sea posible; de personal cualificado, para lo que es necesario innovar en el modelo de contratación pública, y de un alcance de acreditación amplio y flexible que permita la emisión de resultados sin tener que pasar por todo el proceso establecido y que evite vacíos en la oferta acreditada. Además, hay que estar preparado para no comprometer la eficacia del control oficial y colaborar en la identificación de fraudes o riesgos emergentes, desarrollar metodología y aportar información clave.



Cromatógrafo de líquidos acoplado a espectrometría de masas de alta resolución (UHPLC-HRMS). Foto: Agencia de Salud Pública de Barcelona

Si nos fijamos en la alimentación animal, Cataluña es muy importante, teniendo en cuenta que está al frente de la producción de piensos a nivel estatal, siendo España el primer productor de piensos compuestos de la UE y el décimo a nivel mundial.

Los piensos y sus materias primas, las premezclas y los aditivos (tecnológicos, zootécnicos, nutricionales, organolépticos, coccidiostáticos o histomonostáticos) tienen un universo muy amplio de compuestos y sustancias a controlar, desde la composición hasta los residuos, ya sean de

Los laboratorios especializados optimizan los recursos y rentabilizan su trabajo. Hay que potenciar el trabajo y la colaboración entre laboratorios para dar el máximo servicio. Un gran reto para el LAC sería convertirse en laboratorio nacional de referencia en el ámbito de los piensos y sus materias primas. Trabajar para ser referentes es caminar hacia la excelencia.

Por otro lado, otro objetivo es la participación conjunta en estudios y proyectos y la colaboración en la formación de futuros profesionales de universidades y centros tecnológicos.

medicamentos (p. ej. antibióticos), de plaguicidas (LMR), de productos indeseables (p. ej. micotoxinas) o de contaminantes (p. ej. metales pesados). Y también los microorganismos (p. ej. salmonela) y los organismos genéticamente modificados.

Por todo ello, un gran reto para el Laboratorio sería convertirse en laboratorio nacional de referencia; en este caso, en el ámbito de los piensos y sus materias primas.

Los laboratorios nacionales de referencia, entre otras funciones, deben colaborar con los laboratorios de referencia de la Unión Europea, participar en los cursos de formación y en los ensayos interlaboratorios que organizan y coordinar las actividades de los laboratorios oficiales designados para armonizar y mejorar los métodos de análisis. El contacto con los laboratorios europeos de referencia permite una

continua actualización de la metodología analítica y de las técnicas instrumentales, así como participar en la elaboración de nueva normativa europea. Por tanto, trabajar para ser referentes es caminar hacia la excelencia.

Por otra parte, los vínculos con las universidades y los centros tecnológicos y de investigación deben estrecharse. La participación conjunta en estudios y proyectos y la colaboración en la formación de futuros profesionales (grados, másteres, doctorados) es un *win-win*. Difundir y divulgar el trabajo realizado es esencial: hay que publicar trabajos y presentarlos mediante la asistencia a eventos científicos; en resumen, hay que visibilizar la tarea. Todo ello debe permitirnos obtener recursos y conocimiento y posicionar los laboratorios al máximo nivel.

### 03. Conclusiones

Los retos mencionados en el contexto descrito en este artículo pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Tener una infraestructura equipada, segura y respetuosa hacia el medio.
- Disponer de equipos de análisis eficientes, sensibles y robustos, adaptados a las novedades tecnológicas del mercado.
- Contar con una plantilla suficiente, estable y calificada y ser capaces de atraer y retener el talento.
- Tener la capacidad de respuesta requerida a los problemas emergentes, siendo una herramienta útil para las demandas de los cuerpos de inspección.
- Fomentar la visibilidad y la presencia, para lo que es necesario estrechar los vínculos entre laboratorios y formar una red operativa que incluya universidades y centros de investigación.
- Tender a la especialización a través de la cooperación entre laboratorios y convertirse en referentes.
- Disponer de la acreditación bajo el amparo de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 con un alcance amplio y flexible, adecuado a las necesidades del control alimentario.

### Para más información

Laboratorio Agroalimentario  
<https://agricultura.gencat.cat/es/ambits/alimentacio/laboratori-agroalimentari/el-laboratori-presentacio/index.html>

Norma UNE-EN ISO/IEC 17025  
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0059467>

Reglamento 625/2017 (artículo 100)  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0625&from=ES>

Plan de seguridad alimentaria de Cataluña 2022-26  
[https://acsa.gencat.cat/web/.content/50\\_Actualitat/Notes-actualitat/2021/06-juny/Pla-Seguretat\\_ACSA\\_cat.pdf](https://acsa.gencat.cat/web/.content/50_Actualitat/Notes-actualitat/2021/06-juny/Pla-Seguretat_ACSA_cat.pdf)

Plan estratégico de la alimentación de Cataluña  
<https://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/alimentacio/estrategia-alimentaria/pla-estrategic/>

Laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona  
<https://www.aspb.cat/es/areas/laboratorio-introduccio/>

### Autoría



#### Antoni Rúbies Prat

Jefe del Laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona.  
 arubies@aspb.cat



#### Mireia Medina Sala

Jefa de servicio del Laboratorio Agroalimentario.  
 DACC.  
 mireia.medinasala@gencat.cat



## Hablamos con el DR. CHRISTOPH VON HOLST

Responsable científico

Christoph von Holst trabaja en el Centro Común de Investigación (JRC, por sus siglas en inglés) de la Comisión Europea en Geel (Bélgica). Estudió Química y se doctoró en Química Analítica en la Universidad Técnica de Múnich (Alemania). En 1997 se incorporó al JRC, donde trabajó en varias materias relacionadas con el análisis de alimentos y piensos, como plaguicidas, harina de carne y hueso, compuestos organoclorados, micotoxinas y aditivos para piensos. Desde 2003 es responsable del laboratorio de referencia de la Unión Europea para los aditivos para piensos. Está muy interesado en el tratamiento de datos estadísticos, especialmente en el campo de la quimiometría, y es coautor de unos 90 artículos publicados en revistas arbitradas.

«Los LRUE ayudan a aplicar los reglamentos de la UE en el ámbito de la alimentación y la nutrición animal, y se centran en las labores de control de los Estados miembros».

¿Cuál es el papel de los laboratorios de referencia de la Unión Europea (LRUE)?

Existen LRUE para varios campos, pero en esta entrevista me centraré en los LRUE que se han establecido en el ámbito de los alimentos y los piensos, y que están destinados a diferentes materias, como plaguicidas, contaminantes, alimentos y piensos modificados genéticamente, proteínas animales y aditivos para piensos. Los LRUE son importantes porque muchos de los reglamentos que regulan estas cuestiones se establecen a nivel europeo (UE), pero son los Estados miembros quienes se encargan de aplicar correctamente estas normas. Por ejemplo, la Comisión Europea establece los niveles máximos de contaminantes en los alimentos o los piensos y los laboratorios de control oficiales de los Estados miembros son los que analizan muestras obtenidas del mercado para comprobar si se cumplen dichos criterios. Por lo tanto, para el buen funcionamiento del mercado europeo, es muy importante que las tareas de control oficial se realicen de forma armonizada y que los laboratorios de los Estados miembros puedan demostrar que tienen experiencia suficiente para analizar muestras de alimentos y piensos. Uno de los principales objetivos de los LRUE es garantizar que estos laboratorios apliquen las normas establecidas en el ámbito de la UE y obtengan resultados analíticos con la calidad necesaria.

Uno de los principales objetivos de los LRUE es garantizar que estos laboratorios apliquen las normas establecidas en el ámbito de la UE y obtengan resultados analíticos con la calidad necesaria.

¿Puede describir brevemente su relación con los laboratorios nacionales de referencia? ¿Cómo califica esa relación?

Los LRUE establecen redes con los laboratorios nacionales de referencia (LNR), que son designados oficialmente por cada Estado miembro. Los LRUE y la Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria de la Comisión Europea establecen programas anuales que especifican, por ejemplo, para qué sustancia y matriz de alimentos o piensos se organizan los ensayos de aptitud. En estos ensayos de aptitud, el LRUE prepara muestras que contienen la sustancia en el nivel de interés y las envía a todos los LNR con la solicitud de análisis. Después, los resultados analíticos se comunican al LRUE, que realiza una evaluación estadística para obtener una estimación del rendimiento específico del laboratorio en este ejercicio. Esta información es un criterio clave para que los LNR demuestren su experiencia, pero también para que mejoren en caso necesario. Además, el LRUE organiza talleres anuales con

los LNR para debatir los resultados de los ensayos de aptitud y otras cuestiones relevantes.

¿Cómo describiría la situación actual de estos laboratorios?  
¿De qué recursos carecen?

Los resultados del elevado número de ensayos de aptitud organizados por los LRUE en los distintos ámbitos demuestran el rendimiento de los LRN en lo que respecta al análisis de muestras de alimentos y piensos. Por otra parte, la labor que llevan a cabo los LRUE ayuda a identificar en qué aspectos deben mejorar algunos laboratorios en concreto. En los talleres anuales organizados por los LRUE se celebran debates de carácter técnico para fomentar el intercambio de conocimientos y, así, mejorar continuamente el nivel de competencia de todos los laboratorios.

---

Los resultados del elevado número de ensayos de aptitud organizados por los LRUE en los distintos ámbitos demuestran el rendimiento de los LRN en lo que respecta al análisis de muestras de alimentos y piensos.

---

Con respecto a la nutrición animal, ¿qué matrices y determinaciones analíticas se utilizan actualmente?

El pienso final que se da al animal suele ser una mezcla compleja compuesta por materias primas, premezclas y preparados de aditivos para piensos. En principio, todas estas matrices pueden incluirse en los programas de seguimiento de los laboratorios oficiales de control, a fin de comprobar que el etiquetado de los alimentos y piensos incluye la información correcta y el cumplimiento de los límites legales. Dada la enorme diversidad de analitos objetivo, los métodos analíticos también difieren mucho. Por ejemplo, para determinar medicamentos veterinarios se aplica la cromatografía de líquidos acoplada a la espectrometría de masas, mientras que algunos elementos se analizan con la espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.

En cuanto al objetivo de la Unión Europea de convertirse en el primer continente neutro en carbono, ¿qué papel desempeñan los LRUE?

LRUE ayudan a aplicar los reglamentos de la UE en el ámbito de la alimentación y la nutrición animal, y se centran en las labores de control de los Estados miembros. Sin duda, esto también se aplicará a todas las medidas previstas en el marco del Pacto Verde Europeo.

¿Cuál es la tendencia en técnicas analíticas? ¿Qué inversiones considera prioritarias?

Es una pregunta muy difícil de responder, dada la extrema variedad de las disciplinas analíticas implicadas. Sin embargo, sin duda existe una tendencia a aplicar cada vez más métodos multianalitos utilizando instrumentos que permiten la determinación simultánea de un elevado número de compuestos diferentes con características fisicoquímicas similares, como las micotoxinas, las toxinas vegetales o los plaguicidas. Asimismo, existe la necesidad de disponer de instrumentos de bajo coste y fáciles de utilizar que permitan un cribado rápido de las muestras. Algunas de estas pruebas se utilizan incluso *in situ*, lo que garantiza que solo la fracción más pequeña de muestras sospechosas positivas de todas las muestras examinadas se somete a un análisis confirmatorio que requiere instrumentos caros. Todos estos esfuerzos mejorarán sin duda la eficacia del control oficial con los recursos disponibles.

---

Sin duda, existe una tendencia a aplicar cada vez más métodos multianalitos utilizando instrumentos que permiten la determinación simultánea de un elevado número de compuestos diferentes con características fisicoquímicas similares.

---

¿Cuáles son los futuros retos de los laboratorios agroalimentarios?

Uno de los principales retos es estar al día de todas las cuestiones y requisitos relativos a los laboratorios de control, ya que cambian constantemente. Por ejemplo, el cambio climático puede repercutir en la presencia de patógenos vegetales o contaminantes naturales en las muestras de alimentos y piensos, lo que obliga a los laboratorios a aplicar nuevos métodos para medir dichas sustancias. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los programas de control en el ámbito de la autenticidad de los alimentos y los piensos son cada vez más importantes, lo que refleja las exigencias cada vez más elevadas de los consumidores. Otro aspecto a destacar son los nuevos requisitos de control debidos al uso de materias primas alternativas, como los insectos. Por último, me gustaría remarcar que estos son solo ejemplos de un gran número de cuestiones muy diferentes que los laboratorios deben abordar.

---

Uno de los principales retos es estar al día de todas las cuestiones y requisitos relativos a los laboratorios de control, ya que cambian constantemente.

---



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Acció Climàtica,  
Alimentació i Agenda Rural**



**xarxa-i.cat**  
Xarxa d'Innovació agroalimentària  
i rural de Catalunya